CORSO

DI

GEOLOGIA.

CORSO

DI

GEOLOGIA

DEL PROFESSORE

ANTONIO STOPPANI.

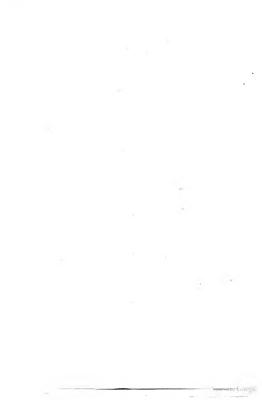
VOLUME II.

GEOLOGIA STRATIGRAFICA.

MILANO,

G. BERNARDONI E G. BRIGOLA, EDITORI.

1873.

GEOLOGIA STRATIGRAFICA.

GEOLOGIA STRATIGRAFICA.

CAPITOLO I.

NOZIONI GENERALI SULLA COMPOSIZIONE DELLA CROSTA DEL GLOBO.

1. La *dinamica terrestre* ci ha svelato mano mano le forze che governano il globo, o tendono a modificarlo continuamente. Queste forze si rivelano al presente pei loro effetti, i quali, quando siano permanenti, varranno ad attestare l'azione di queste forze, anche domani, anche l'anno venturo, di qui a un secolo, per sempre, finchè quel tale effetto perdura. Se oggi un vulcano erutta una corrente di lava, questa, indurita, potrà attestare di qui a mille secoli che lì sprigionossi un vulcano. Il vulcano è spento, cioè cessata è la causa; ma la lava rimane, cioè rimane l'effetto. Se i nostri nipoti di qui a mille secoli potranno attestare l'esistenza del Vesuvio, non potremo noi, cogli stessi principî, constatare l'esistenza di vulcani in luoghi ove ogni attività vulcanica in oggi è spenta?

Invece d'una corrente di lava, sarà un banco di sabbia, sarà un letto di fango, sarà anche solo una conchiglia rimasta in quel luogo, in quella data posizione; sarà sempre un fatto il quale, finchè rimane, attesta l'azione di una data causa.

Il principio supremo della geologia teorica sarebbe adunque questo: *ad identici effetti corrispondono identiche cause.* [1] Di una successione con-

[1] *Data la causa, avremo l'effetto.* — È principio logico di prima intuizione. Quando il geologo dice: *dato l'effetto, avremo la causa*, afferma l'identico principio. Ma la prima formola risponde all'ordine dinamico nel quale la causa precede immediatamente l'effetto, e l'effetto succede immediatamente alla causa. La seconda formola invece risponde all'ordine della riflessione, afferma cioè il lavoro della mente umana, per cui dall'effetto verificato si induce, con tutto rigore di logica, alla causa che deve averlo prodotto. Per non equivocare però nell'applicazione della seconda formola, che racchiude il principio supremo della geologia,

tinua di causo e d'effetti si intesse la *storia del globo*, che è oggetto della geologia.

2. Per dare a questo principio un valore pratico, per cui fossimo sempre ben guidati nell'applicazioue, bisognava ben cuooscere le forzo agenti sul globo; e l'abbiam fatto nel miglior modo che ci tornò possibile. Già a quest'ora siam capaci di attestare molte vicende subíto dal globo, molti fatti che sono del dominio del passato, moltl che si compirono secoli e secoli prima che noi fossimo. Un ciottolo elittico ci attesta un fiume; un ciottolo striato ci rivela un ghiacciajo, ecc.

Nè solo abbiam acquistato la cognizione dello forze in astratto, ma abbiamo appreso quale sia la costituzione del globo, ne' suoi tratti più grandiosi; abbiamo sancita l'esistenza di certe forze, di cui non conosciamo ancor bene la natura, perchè agiscono dall'interno all'esterno; ma di queste stesse forze scoprimmo gli effetti, studiammo le esterne manifestazioni.

3. Ora vogliamo dunque dal presente, che ci è noto, assorgere al passato ignoto: vogliamo conoscere la storia del globo, rifarla, raccoutarla. Il principio supremo della geologia ci impone di esaminaro il globo ovunque ci sia accessibile, raccogliere i fatti, i quali non sono che effetti permanenti di canse, che agirono in passato, ma la cui natura dobbiamo ammettere identica a quella delle cause attualmente agenti, se non vogliam perderci in pure ipotesi.

4. Ma la parte accessibile del globo è porzione minima, la superficie e qualche pochino dell'interno in alcuni punti numerati. I 712 metri del

---

si badi, che, quando si dice *effetto* senz'altro predicato, si intende l'*effetto completo*, l'affetto nella sua totalità, il quale in ogoi ordine, nominatamente nell'ordine fisico, può constare di molti fenomeni. Siccome poi doe diverse cause possono diversificare fra loro soltanto in parte; così per una parte soltanto può verificarsi la diversità di due complessi di fenomani. Se, per rimontare dall'effetto alla causa, oon mi basassi che sopra uno, o alcuni soltanto dei fenomeni che possono prodursi da una dato causa potrei ingannarmi, assegnandone loro una ben differente da qaella che realmente li produsse. Valga un esempio Un torrente a un ghiacciajo, benchè agenti fisici differentissimi, operano ambeduo il trasporto di un masso da moote a valle. Questo trasporto non è che un fenomeno parziale; noo è che una parte dell'effetto, io cui convengono ugualmente due cause diverse. Posso dunque errare inducendo, dal solo fenomeno del trasporto, piuttosto all'una che all'altra delle due cause. Considerando invece l'*effetto completo*, il torrente noo solo trasporta il masso, ma lo arrotonda, gli dà la forma di una elissoide, lo depone in uno strato composto di ciottoli della stessa forma, ecc.; un ghiacciajo iovece trasporta quel masso o intatto, se esso si trova sulla superficie, o irregolarmente arrotondandolo, striandolo, frantumandolo, se si trova oell'interno, e lo depona in seno a una morena, cioè in un cumulo caotico, composto di elementi affatto dissimili per forma, peso a misura, ecc. Io non attribuirò como causa al trasporto di quel masso piuttosto un torrente che un ghiacciajo, se non quando avrò riconosciuto l'*effetto completo*, che, una causa affermando, l'altra oecessariamente esclude.

pozzo Neusalzwerk non sono $^1/_{8000}$ del raggio terrestre; sono una graffiatura! Ma, ripeto, bisogna rimanerseno paghi. La ragione però è potente. Immagine della sapienza del Creatore, ne traduce in certo grado la possa. Se non fa bisogno nemmeno di uscire da' più bassi strati dell' atmosfera per iscandagliare il cielo, per misurare e pesare la luna, il sole e gli astri tutti, non potrà la ragione scandagliare le profondità terrestri, senza l'uopo della mina o del trapano, contarne gli strati, e poi narrarne la storia?

Intanto, se la dinamica terrestre fa un'analisi delle forze agenti attualmente sul globo e degli effetti che ne sono prodotti, la geologia comincierà dall'analisi della parte accessibile del globo. La geologia sarebbe, intesa così limitatamente, *geologia pratica;* ma, mano mano che un fatto ci si presenta, non potremo a meno di tentarne la spiegazione, coll'applicazione del principio supremo della geologia, e ci troveremo obbligati a passare alternativamente dalla pratica alla teorica. Una sintesi finale ci darà la storia del nostro pianeta.

5. Cominciando l'esame di questa parte accessibile e solida del globo, che noi chiameromo *crosta*, con vocabolo universalmente acconsentito, il primo quesito che dobbiamo farci parmi sia questo: di quali sostanze è composta la crosta del globo?

6. La chimica, scomponendo le diverse sostanze, si trovò arrestata nel processo delle sue analisi a un certo punto, incontrandone un certo numero che non poterono scomporsi. Si dissero queste *corpi semplici*, in opposizione alle tante migliaja che si trovarono risultare dalla combinazione chimica di alcune di esse: si dissero anche *elementi*, o *sostanze elementari*, come quelle che prestano la materia prima, la materia elementare, dell' organismo tellurico.

Lo stesso progresso della chimica mostrò come questi appellativi di semplici, di elementari, applicati alle diverse sostanze, abbiano un valore relativo, piuttosto condizionale, e provvisorio. Attestano i limiti della scienza, più che non rivelino la vera natura dei corpi componenti il globo.

La legge del *minimo mezzo*, che riluce in tutto l'organismo cosmico, mano mano che la scienza lo va svolgendo allo sguardo, ci persuade a priori, che il gran numero di *elementi*, a furia di moltiplicarsi, si troverà, senza accorgercene, assottigliato e ridotto a poche sostanze, che si possano dire veramente semplici od elementari. La chimica sembra ancora lontana dall'epoca in cui subirà tale trasformazione, che sarà il più grande de' suoi trionfi. — Per ora accontentiamoci.

7. Ecco la lista delle sostanze elementari, colle rispettive formole, e in

ordine alfabetico, essendo ormai ammessa come affatto illusoria una classificazione qualunque dei *semplici*. Distinguo con un asterico quelli che hanno maggiore importanza nell'economia del globo.

*Alluminio	Al	Cromo	Cr	Molibdeno	Mb	*Silicio	Si
Antimonio	Sb	Didimio	Dy	Nikel	Ni	*Sodio	Na
Argento	Ag	Erbio	—	Niobio	—	*Solfo	S
Arsenico	As	*Ferro	Fo	Oro	Au	Stagno	Sn
*Azoto	Az	Fluorio	F	Osmio	Os	Stronzio	Sr
Bario	Ba	Fosforo	Ph	*Ossigeno	O	Tantalio	Ta
Bismuto	Bi	Glucio	Gl	Palladio	Pd	Tellurio	Tu
Boro	B	*Idrogeno	H	Pelopio	—	Terbio	—
Bromo	Br	Ilmenio	—	Platino	Pt	Titanio	Ti
Cadmio	Cd	Iodio	I	Piombo	Pb	Torio	Th
*Calcio	Ca	Iridio	Ir	*Potassio	K	Tungsteno	W
*Carbonio	C	Lisio	Li	Ramo	Cu	Uranio	U
Cerio	Ce	Lantanio	La	Rodio	R	Vanadio	V
Cesio	Cs	*Magnesio	Mg	Rubidio	Rb	Yttrio	Y
*Cloro	Cl	Manganese	Mn	Rutenio	Ru	Zinco	Zn
Cobalto	Co	Mercurio	Hg	Selenio	Se	Zirconio	Zr

8. Dana [1] osserva che 13 soltanto di essi elementi possono considerarsi come costituenti le roccie, ossia le grandi masse, onde risulta essenzialmente l'ossatura del globo.

1.° *Ossigeno*. — Entra come costitutivo di tutte le roccie, e compone quasi da sè solo la *metà* della massa della crosta terrestre.

Le sabbie ne sono composte quasi per metà, contenendone il quarzo il 53 : 100. Il calcare ne contiene il 48: 100, il feldspato da 46 a 50: 100, l'aria 23: 100, l'acqua 89: 100. L'ossigene è il primo dei quattro grandi costitutivi dei corpi organici, il primo elemento della animalizzazione del globo.

2.° *Silicio*. — Costituisce circa $^1/_4$ della crosta terrestre. Forma il 60: 100 nelle roccie a base di silicati e, comprendendo i calcari che non possedono silicati, il 50 : 100 delle roccie tutte. — Il granito e le roccie quarzifere sono costituite di quarzo (acido silicico), o da silicati. Le roccie che non contengono quarzo, sono però, come le lave e i porfidi, costituiti per metà o per $^2/_3$ di selce in combinazione. — Le quarziti e certe arenarie ne constano quasi per intero.

3.° *Alluminio*. — Combinato coll'ossigeno forma l'allumina, che è la base delle argille e di una gran parte dei silicati costituenti le roccie.

[1] *Manual of geology*. Philadelfia, 1863.

4.° *Magnesio.* — Combinato coll' ossigeno produce la magnosia che entra in sì gran parte come costitutivo dell' orueblenda, del pirosseno, del talco, della steatite, del serpentino, e, unito al carbouio, della dolomite.

5.° *Calcio.* — Combinato coll' ossigeno, costituisce la calce. — Entra nella composizione di molti silicati; e combinato coll'acido carbonico, forma i calcari, e coll'acido solforico i gessi. Immensa è poi la sua importanza, per rapporto all'organizzazione ed ai conseguenti effetti sul globo. Sotto forma di carbonato di calce, più o meno commisto ad altre sostanze, forma le conchiglie, i polipai, ecc. Il carbonato di calce è quindi abbondantemente sciolto nelle acque. Le ossa sono in gran parte costituite dal fosfato di calce.

6.° *Potassio.* — È la base metallica dell'alcali detto *potassa.*

7.° *Sodio.* — Base metallica della soda e del sal marino.

I due alcali, potassa e soda, associati a silicati, formano vetri, ossia composti fusibili. La selce, l'allumina, e i puri silicati di allumina, sono per sè infusibili, ma lo divengono commisti agli alcali, o agli ossidi di ferro e di calce. Una soluzione calda di potassa o di soda scioglie la selce, e può quindi servire alla distribuzione del quarzo ed alla composizione dei diversi silicati costituenti la crosta del globo.

8.° *Ferro.* — Il ferro, allo stato di protossido o di sesquiossido, si trova nei silicati più fusibili. Il primo abbonda nell'orneblenda, e quindi si trova nelle sieniti, nelle lave pirosseniche, ecc.

9.° *Carbonio.* — L'abbondanza di tale elemento nei combustibili fossili, nei bitumi, e in combinazione nel carbonato di calce, nel gas acido carbonico, ecc., ne mostra l' importanza. Il carbonio è il secondo dei quattro grandi costitutivi dei corpi organici.

Si calcola che i 9 elementi descritti formino da sè soli i 977: 1000 della crosta terrestre. I seguenti hanno un'importanza relativamente assai minore.

10.° *Solfo.* — Prodotto vulcanico importantissimo. Lo piriti, o solfati di ferro o di rame, gli acidi solforosi o solfidrici, il gesso, o solfato di calce, sono i risultati più importanti delle sue combinazioni.

11.° *Idrogeno.* — La sua importanza maggiore è quella di essere costituente dell'acqua, che entra in quasi tutte le roccie, e ha tanta parte nell'organismo del globo. L'idrogeno è il terzo dei quattro costitutivi delle sostanze organiche.

12.° *Cloro.* — Col sodio entra a costituire il sale, ossia il clornro di sodio, sciolto in tanta copia nelle acque marine, o adunato in ammassi imponenti, sotto forma di sal-gemma, nelle viscere della terra.

13.° *Nitrogeno* o *azoto.* — Ingrediente dell'aria, è il quarto de' quattro costitutivi de' corpi organici, specialmente delle sostanze animali.

9. Il seguente specchio riassuntivo mette in evidenza l'importanza relativa dei descritti elementi, che possono soli ritenersi come veri costitutivi del globo, non rappresentando gli altri che una parte affatto accidentale nella costituzione del globo. Diviso il globo in 1000 parti, i tredici elementi vi figurebbero come segue:

Elemento	Millesimi
Ossigeno.	500 millesimi
Silicco	250 »
Alluminio	227 »
Magnesio	
Calcio	
Potassio	
Sodio.	
Ferro.	
Carbonio	
Solfo	23 »
Idrogeno	
Cloro.	
Azoto	
	1000

10. Ognuno sa, che dalla combinazione chimica degli elementi risultano i minerali, cioè tutte le sostanze materiali conosciute, che entrano nella composizione del globo. I minerali, presi isolatamente, sono l'oggetto della scienza speciale che si chiama *mineralogia*, ed io eviterò di ingrossare soverchiamente il presente trattato con nozioni che il lettore può all'uopo attingere da opere che si trovano fra le mani di tutti gli studiosi.

Richiamo soltanto le principali leggi che regolano le combinazioni chimiche, come quelle che in ultima analisi presiedono all'organizzazione del globo.

1.° I corpi semplici o composti si combinano sempre in proporzioni definite per formare un minerale.

2.° Un corpo si combina con 1, 2, 3, 4, 5, ecc. proporzioni di un altro, secondo le diverse circostanze, formando minerali diversi.

3.° Il peso di un minerale qualunque è uguale alla somma dei pesi dei singoli componenti.

4.° Un dato minerale non può originarsi che mediante l'unione dei medesimi elementi, nelle stesse proporzioni.

Dalle enunciate leggi già si può dedurre una regola importante per la geologia teorica. Le quattro leggi si possono infatti ridurre al principio astratto, che un corpo qualunque, originato sotto l'influsso delle forze

chimiche, consta necessariamento di elementi in proporzioni definite; mentre un corpo che fosse il risultato di una semplice aggregazione meccanica, non presenta nessun necessario rapporto di proporzioni tra gli elementi che lo compongono. Così, p. es., se io sottopongo all' analisi dei calcari puri, cioè dei puri carbonati di calce, presi in cento luoghi diversi, mi daranno sempre le stesse fisse proporzioni dell' ossigeno, del carbonio e del calcio; mentre, sottoponendo all' analisi dei grès, per quanto ridotti a finissima pasta, avrò dei prodotti elementari, p. es., ossigeno, silicio, calcio, alluminio, in proporzioni diverse.

Ecco già un principio che può guidarmi a riconoscere se le grandi masse componenti il globo sono originate piuttosto per via chimica che per via meccanica.

11. Un'altra legge importantissima è quella, che le parti, o molecole dei corpi, poste certe condizioni, tendono a riunirsi sotto forme determinate, regolari, che si chiamano cristalli. Anche questa è legge capitale per la geologia teorica. Un cristallo, un gruppo di cristalli, una massa cristallina, non si formano per aggregazione meccanica, ma sì per l'azione di forze chimiche, verificandosi certe circostanze. Alla cognizione dei processi e delle condizioni della cristallizzazione si appoggia, quasi per intero, la teorica che riguarda le roccie di sedimentazione chimica od *idrotermali*, le roccie *eruttive* e le *metamorfiche*, in generale quelle che si chiamarono cristalline.

12. Il mineralogista considera i minerali in sè stessi, studiandone la composizione chimica e la forma cristallina. Il geologo li studia piuttosto nei loro rapporti, principalmente in quanto entrano nella composizione di quelle masse lapidee enormi, delle quali risulta la solida compagine del globo. Inteso a rintracciare le ragioni geologiche, cioè a scoprire la genesi dei diversi componenti della massa del globo, non potrebbe certamente conoscere l'origine dei minerali, considerandoli isolatamente. Dalla genesi dei minerali concludo alla genesi delle masse, le quali ne sono composte, e dalla genesi delle singole masse conclude, sintetizzando, alla genesi della crosta terrestre, e in seguito a quella del pianeta.

13. La più superficiale osservazione mostra al geologo, che i diversi minerali, o sviluppandosi ciascuno da solo, o associandosi ad altri, creano quelle grandi masse, le quali conservano, sopra grandi estensioni, gli stessi caratteri fisici e mineralogici, e sono indicate col nome generico di *roccie*. Nella seguente breve rassegna dei minerali in quanto si presentano come componenti le masse, vedremo, come alcuni di essi non figurano ordinariamente che in un sol modo, costituiscono cioè masse della stessa forma: altri invece appaiono in modi diversi, compongono, cioè, masse di diversa

forma. Possono distinguersi, sotto questo rapporto, in otto categorie, avvertendo però che molti si ripetono in due o più categorie.

1.° Alcuni minerali, più generalmente di forma cristallina, compongono da soli delle masse veramente imponenti, delle montagne, delle catene, fin delle intere regioni. Vedremo come le masse che ne risultano si presentino anche divise in piani o strati, sovrapposti l'uno all' altro. I principali di questa prima categoria sono i seguenti: Calcari, dolomia e calcari dolomitici, argille, gesso e anidrite, quarzo, salgemma, limonite, talco e clorite, grafite, antracite, litantrace o carbon fossile, lignite, torbe.

2.° Alcuni minerali si associano ad altri per formare ugualmente masse enormi, montagne e catene. In queste grandi associazioni si osserva che talora i diversi minerali si presentano sotto la loro forma cristallina caratteristica più o meno distinta: talora invece hanno l'aspetto di semplici frammenti. Quanto alle masse che ne risultano, alcune sono stratificate, altre nol sono punto. Appartengono a questa seconda categoria i seguenti: Quarzo, mica, feldspati, talco, clorite, anfibolo o orneblenda, pirosseno diopside, pirosseno augite, peridoto, serpentino, diallaggio, granato.

3.° I minerali di questa categoria formano da soli degli ammassi talora molto voluminosi, ben lontani però dal potersi paragonare, sotto questo rapporto, agli ammassi già considerati. Nella composizione della crosta del globo tali ammassi figurano sempre come accidentali, e non presentano una forma decisa. Cito come principali di questa categoria l'alunite, il caolino, il solfo, i bitumi.

4.° La quarta categoria comprende dei minerali, i quali costituiscono anch'essi degli ammassi parziali, i quali però si distinguono dai precedenti: 1.° perchè generalmente formati dalla associazione di parecchi minerali; 2.° perchè presentano una forma abbastanza decisa, quella che è nota volgarmente sotto il nome di filone. I minerali componenti i filoni sono numerosissimi, generalmente cristallizzati, ed eccovi i principali: Spato calcareo, spato fluore, quarzo, mica, feldspato, barite solfato o baritina, lazzulite, oro nativo, argento nativo, solfurato e clorurato, piombo solfurato o galena, zinco solfurato o blenda, zinco carbonato o calamina, antimonio solfurato, stagno ossidato, mercurio solfurato o cinabro, rame nativo, solfuro di rame o pirite cuprea, solfuri d'arsenico, nikel, manganese, ferro ossidulato e magnetico, ferro oligisto, ferro carbonato o spatico, ferro solfurato o pirite marziale gialla e bianca, ecc.

5.° Appartengono alla quinta categoria i minerali costituenti le vene. Le vene non sarebbero che piccoli filoni; ma ne vanno distinte per diversi caratteri, nominatamente per essere costituite ordinariamente di un solo minerale. Quelle che si presentano più communemente sono le vene di spato calcareo, di quarzo, d'amianto o d'asbesto.

6.° I minerali della sesta categoria costituiscono degli ammassi, i quali vanno distinti per la loro estrema piccolezza relativa, e per la loro forma affatto speciale. Sono questi lo geodi, le druse, gli arnioni, cioè quelle cavità o irregolari o di forma sferoidale, in seno alle diverse roccie, tappezzate o riempite di minerali cristallizzati o amorfi. I seguenti minerali sono quelli che più communemente si presentano sotto le forme accennate: Spato calcareo, spato fluore, quarzo colle sue varietà (calcedonia, agata, opalo, ecc.), feldspato, zeoliti alluminose (mesotipo, stilbite, heulandite, laumonite, cabasia, analcimo, harmotoma), zeoliti non alluminose (apofillite e datolite), ferro oligisto, ferro solfurato, bitume, ecc.

7.° I minerali della settima categoria formano altri ammassi, talora di potenza molto riflessibile, somiglianti agli arnioni, ma in circostanze diverse. Quegli ammassi diconsi *concrezioni*. Appartengono alla famiglia delle concrezioni le stallattiti, le pisoliti, gli alabastri, in genere i prodotti delle acque filtranti o incrostanti da noi già descritti. Principali componenti sono i calcari, il quarzo colle sue varietà, il rame carbonato o malachite, le ematiti, l'alunite, ecc.

8.° I minerali dell' ottava categoria non costituiscono, nè da soli, nè associati, delle masse a sè; ma sono semplicemente disseminati nelle roccie, generalmente o in cristalli o in grani. Appartengono a quest' ultima categoria i seguenti: Quarzo, mica, distene, andalusite, staurotide, smeraldo, topazio, granati, epidoto o olivina, tormalina, anfibolo orneblenda, peridoto, diamante, oro, platino, stagno, cinabro, piriti, manganese, ecc.

14. Noi dovremo renderci ragione di tutte le diverse forme delle masse, piccole o grandi, costitnite dai minerali, soli o associati. Ma prima dobbiamo conoscere le specialità che distinguono le masse maggiori, alle quali è specialmente, o piuttosto esclusivamente, assegnato il nome di *roccie*, anche prescindendo dai loro rapporti di giacitura, di associazione, ecc. Finchè si tratta delle masse minori, cioè dei filoni delle vene, delle druse, delle concrezioni, dei minerali disseminati, bastano in genere le nozioni forniteci dalla mineralogia. Esse non bastano invece, quando si tratti delle masse maggiori, ossia delle roccie propriamente dette. Quando un minerale, benchè solo, costituisce alcuna delle grandi masse componenti l' ossatura del globo, conserva difficilmente nella loro purezza quei caratteri che lo fanno specificare dal mineralogista. La forma cristallina scompare; il peso specifico si altera; variano la durezza e gli altri caratteri fisici; variano del pari i caratteri organoleptici, quelli cioè che si rivelano immediatamente ai sensi; non si mantengono direttamente le proporzioni chimiche; sopra tutto viene alterata la purezza del minerale per la miscela

quasi costante di elementi eterogenei. Per distinguere quei minerali-roccie bisogna aggiungere ai caratteri mineralogici i caratteri litologici. Il calcare, p. es., non è più lo spato calcareo. È ancora un carbonato di calce, ma che presenta infinite varietà di composizione, di struttura, di forma, e quasi sempre è reso impuro da altri elementi che gli si associano in quantità talora molto riflessibile. I calcari dolomitici, detti anche abusivamente dolomie, non sono nè spato calcareo, nè dolomia, e non sono nemmeno una roccia risultante dalla associazione di quei due minerali. Il geologo trova in quei calcari gli elementi tanto dello spato calcareo quanto della dolomia, cioè l'ossigeno, il carbonio, la calce e la magnesia, ma costituente un doppio carbonato che dello spato calcareo e della dolomia non ha nè le proporzioni nè la forma.

Se trattasi poi di roccie risultanti da minerali associati, allora il concetto di roccia si depura, figurandovi i minerali come componenti, le roccie come composti. Se il minarologista si è occupato dei primi, spetta al geologo l'occuparsi dei secondi.

15. Premettiamo adunque la rassegna e la descrizione delle principali roccie, le quali, secondo i principî esposti, sarebbero quelle soltanto, che risultano dallo sviluppo o dalla associazione dei minerali contemplati nelle due prime categorie, in cui abbiamo distinti i minerali, in quanto costituiscono le grandi masse componenti l'ossatura del globo.

CAPITOLO II.

LITOLOGIA DESCRITTIVA.

16. Chi stacchi alcuni frammenti dalle masse rocciose che compongono, entro un certo giro, l'ossatura de' monti, si accorgerà in breve, al semplice aspetto, che molte di quelle roccie diversificano fra loro per certi caratteri di struttura, mentre per gli stessi caratteri ciascuna trova di assomigliarsi ad altre. In breve, riunendo e separando, potrà formarne alcuni gruppi distinti, anche prima che gli si riveli la natura dei minerali, e così, facilmente, arriverà a stabilire le tre quattro grandi divisioni che io propongo per base di una classificazione delle roccie.

1.° *Roccie semplici.* — Le roccie di natura omogenea, costituite da un solo minerale in grandi masse, p. es., i calcari, le dolomie.

2.° *Roccie aggregate.* — Le roccie composte di minerali, o di roccie diverse, allo stato frammentizio, cioè in forma di grani, di schegge, di ciottoli, di massi. Appartengono a questa seconda divisione le breccie, le puddinghe, i conglomerati diversi.

3.° *Roccie cristalline.* — Composte di due, di tre, eccezionalmente di quattro minerali, allo stato cristallino, conservanti anzi generalmente, più o meno distinta, la forma del cristallo caratteristica di ciascun minerale. Questa forma è, si può dire, invariabilmente mantenuta almeno da uno dei minerali componenti, presentandosi gli altri o sotto forma di pasta, di cemento cristallino, o di grani cristallini disseminati in proporzioni abbastanza costanti. Queste roccie possono definirsi *aggregati di cristalli.* I graniti, i porfidi, le lave presentano gl' indicati caratteri.

4.° *Roccie cristalloidi.* — Composte anch' esse di uno, due, tre minerali: ma queste roccie presentano piuttosto delle masse cristalline che degli aggregati di cristalli. Veri cristalli non vi sono disseminati che accidentalmente. Talora la cristallizzazione di quelle masse è appena iniziata, appena accennata. [1]

[1] Nelle mie *Note ad un corso di geologia* ho distribuito le roccie, che i geologi chiamano communemente metamorfiche, e ch' io dico *cristalloidi*, fra le roccie *semplici*, e le roccie *cri-*

17. Ogni roccia sarà ora da specificarsi, o in quanto consta di un dato minerale in massa, o in quanto contiene due, tre, quattro minerali, specificamente indicati, o in quanto è composta di certi elementi aggregati. Ma tale distinzione essenziale non risponde sufficientemente alle esigenze della scienza, potendo una roccia qualunque, p. es., un calcare, presentare tali accidenti o di struttura, o di caratteri fisici, o di fortuite miscele ed associazioni, da costituire un certo numero di varietà, che hanno, ciascuna, valore di specie ed una speciale importanza geologica e petrografica. Tali varietà avendo, come dissi, valore di specie, sono talvolta indicate con nomi propri; più spesso segnalate da un semplice affisso, che esprime appunto le diverse accidentalità, presentate da una roccia mineralogicamente identica. Ecco gli appellativi più communi, dedotti dai diversi accidenti delle roccie e che possono moltiplicarsi a misura dei progressi dell' analisi.

18. Epiteti dedotti dagli accidenti di struttura. — Dicesi

Massiccia, una roccia formante delle masse, che non presentano facili naturali divisioni, nominatamente la divisione in strati. — Granito, ecc.

Schistosa, una roccia costituita da elementi compressi in un dato senso, quasi fosse fogliacea o passata sotto il laminatoio. — Micaschisto, ecc.

Ardesiaca, una roccia che si fende in lamine sottili a modo di ardesia. — Schisto ardesiaco, ardesia, ecc.

Concrezionare, quando consta di concrezioni sferoidali o irregolari. — Tufi, alabastri, ecc.

---

stalline, che allora chiamava *composte*. Vedremo che la teoria del metamorfismo non permette di stabilire una classe di roccie metamorfiche come assolutamente distinte dalle altre, mentre più o meno tutte le roccie sono metamorfosate. Al tempo stesso non si può negare, che non esiste un gruppo abbastanza ben definito di roccie cristalline, semplici o composte, le quali nè si possono assolutamente definire come *aggregati di cristalli*, nè confondersi colle roccie tipiche, da noi annoverate fra le semplici. Per persuadersene basta rivedere le descrizioni da noi date di queste roccie, che ora chiamo *cristalloidi*. Questo epiteto, motivato da un carattere a loro commune, serve a distinguerle, come da quelle, le quali non presentano punto il carattere della cristallizzazione, così dalle altre, la cui cristallizzazione è tanto decisa, da potersi esse definire come aggregati di cristalli. A queste è definitivamente riservato il predicato di *cristalline*, il cui valore vien quindi ristretto e precisato. L' epiteto *cristallino* indicherebbe dunque una cristallizzazione perfetta; quello di cristalloide una cristallizzazione imperfetta. La terminazione in *oide* accenna infatti ordinariamente a qualche cosa di imperfetto nella sua specie. Uno *sferoide* è una sfera imperfetta: un *metalloide*, un corpo che ha alcuni, ma non tutti i caratteri del metallo. Le *roccie cristalloidi* sono roccie cristallizzate imperfettamente: quand' anche perfettamente lo siano, non sono però aggregati di cristalli distinti; e se vi sono cristalli distinti, non vi figurano che come accessori. Vedremo, del resto, essere difficile, come sempre nella storia naturale, segnare dei limiti ben definiti fra i diversi gruppi di enti simili, alla cui genesi concorsero, in numero maggiore o minore, con maggiore o minore intensità, con diversi modi di associazione, le stesse cause.

Alabastrina, una roccia qualunque che ha la grana, la struttura zonata, e in genere i caratteri dell' alabastro.

Oolitica o pisolitica, quando consta di noduli concrezionari, subsferici, quali sono le ooliti, le pisoliti. — Calcari oolitici, ecc.

Fibrosa, quando il minerale che la compone è disposto a fasci, quasi un tessuto fibroso. — Serpentino fibroso, ecc.

Granitoide, una roccia composta di minerali granulosi a modo del granito. — Porfido granitoide.

Porfiroide, una roccia cristallina, dove uno dei componenti è disseminato in grossi cristalli ben distinti. — Granito profiroide o ghiandone, ecc.

Amigdaloide, una roccia cavernosa, ma le cui cavità siano ripiene di un minerale qualunque, sparsovi in grosse concrezioni cristalline, a guisa di nuclei, o mandorli. — Lave amigdaloidi, ecc.

Criptocristallina, se i cristalli componenti sono minuti e indiscernibili all' occhio nudo. — Certi porfidi, ecc.

19. Epiteti dedotti dagli accidenti del clivaggio. [1] — Si dirà

A clivaggio prismatico, una roccia che si clivi in prismi, come diversi graniti e grès.

A clivaggio romboedrico, una roccia che si clivi in romboedri, come molte roccie cristalline, calcaree, argillose.

A clivaggio basaltico, o *basaltica*, una roccia che formi colonne poligonali come i basalti.

A clivaggio sferoidale, una roccia che si decomponga a sfaldature concentriche, a modo di cipolla. Diversi basalti, e molte roccie sabbiose, marnose, argillose.

20. Epiteti dedotti dalla *frattura*. [2] — Si dirà

A frattura concoidale, una roccia che, spezzata con un colpo di martello, presenti la superficie di spezzatura a zone ondulate, subconcentriche. — Obsidiana, diversi calcari.

A frattura granulosa, aciculare, fibrosa, una roccia, secondochè la superficie di frattura si mostra o granulata, o a punte acute, o a fibre.

21. Epiteti dedotti dai caratteri fisici. — Chiamo

Compatta, una roccia ben solida e unita. — Marmi, ecc.

---

[1] Col nome di *clivaggio* si indica la proprietà che hanno certe roccie di dividersi da sè, o quando siano percosse, compresse, ecc., in frammenti di una certa figura, p. es., di un prisma, di una sfera, più o meno regolari.

[2] Col nome di *frattura* si indica l'aspetto che presenta la superficie nata dalla spezzatura di una roccia, la quale non si *clivi*, cioè non presenti dei piani o delle superficie curve di frattura uguali ad ogni spezzatura, e di figura determinata.

Friabile, una roccia che si sfrantuma facilmente, principalmente sotto l'influenza atmosferica. — Certe marne, ecc.

Porosa, una roccia sparsa di pori, ossia di piccole cavità. — Travertino, ecc.

Cavernosa, una roccia sparsa di cavità irregolari, quasi cariata, o seminata di druse cristalline. — *Cargneule* o dolomia cavernosa, ecc.

Vitrea, una roccia che ha i caratteri del vetro. — Obsidiana, ecc.

Si aggiungano i caratteri organoleptici, dedotti specialmente dal colore, dall'aspetto, dall'odore, ecc. — Marne variegate, calcare cerco, fetido, ecc.

22. Epiteti dedotti dalla presenza di minerali associati accidentalmente.

Un calcare, p. es., può ammettere tutti i seguenti epiteti, quando contenga, a modo di accidentale associazione, ma in quantità considerevole, e sopra considerevole estensione, i minerali, da cui l'epiteto è tratto.

Siliceo	se contiene	selce.
Quarzoso	»	grani o vene di quarzo.
Micaceo	»	paglietto di mica.
Argilloso	»	argilla.
Ferruginoso	»	idrossido di ferro.
Piritifero	»	piriti.
Bituminoso	»	bitume.

23. Ognun vede come le roccie semplici, e più ancora le composte e le aggregate, possano presentare, come presentano difatti, tante accidentali varietà, tante e così indefinite transizioni, che la serie può riuscirne indefinitamente numerosa, tanto più che il concetto di specie e di varietà, che nel senso dei naturalisti è già molto indeterminato, quando si parla di esseri, che dipendono dalle leggi imprescrittibili dell'organismo e dell'affinità chimica, diviene affatto senza senso, quando si voglia applicare a masse amorfe di materia, il cui aggregato dipende spesso da soli impulsi meccanici, e da quanto si può dare di più fortuito in natura. La classazione delle roccie, salvo alcune basi di fatto, non può essere che molto convenzionale. Molte roccie tuttavia, per la nettezza e costanza dei loro caratteri, per la loro estensione e potenza, o per altre circostanze, possono servire di tipo, e sono già riconosciute dai geognosti quasi come specie, a cui si riportano varietà talora numerosissime. Delle roccie tipiche, e delle principali varietà, daremo una descrizione, con quel metodo migliore, che ci suggerisce la pratica, ed in base alle divisioni già ammesse.

24. Ecco dapprima lo schema della *Classazione delle roccie* quale io la propongo.

I. *Roccie semplici.*
1. Roccie calcaree.
2. » saline.
3. » combustibili.
4. » ferrifere.

II. *Roccie aggregate.*
1. Aggregati incoerenti.
2. » coerenti senza cemento.
3. » » con cemento.

III. *Roccie cristalline*
1. Roccie granitiche.
2. » porfiriche.
3. » dioritiche.
4. » doleritiche.
5. » anfigeniche.
6. » serpentinose.
7. Detriti e conglomerati vulcanici.

IV. *Roccie cristalloidi.*
1. Roccie cristalloidi semplici.
2. » » composte.

I. Classe delle roccie semplici.

25. Roccie calcaree. — Questo primo gruppo comprende i carbonati e i solfati di calce.

Calcare. — Il carbonato di calce, più o men puro, è tra i minerali quello che costituisce da solo le più grandi masse rocciose.

Si calcola che la sua estensione superficiale è equivalente a $1/_{10}$ della superficie totale della terra.

Il carbonato di calce, allo stato di roccia, non si trova mai assolutamente puro; si unisce a diversi elementi, offrendo una infinita varietà di roccie. Gli elementi principali associati, che determinano le più importanti varietà, sono: il ferro, la selce, l'argilla, la magnesia. Il ferro, diversamente combinato, ha molta parte nelle tinte variegate dei marmi o in genere delle roccie calcaree. La selce entra come costitutivo delle varietà dei così detti *calcari silicei.* L'argilla, in diversissime proporzioni, unita al calcaro, dà luogo alle infinite varietà dei calcari argillosi, o

marnosi, che passano alle marne, ecc. La magnesia determina i *calcari magnesiaci* o *dolomitici* che passano per gradazioni alla *dolomia*.

Diciamo brevemente delle principali varietà.

Calcare compatto. — Esclude la tessitura cristallina ed è anche ordinariamente assai impuro. La varietà più tipica, e nello stesso tempo più pura, è rappresentata dalle pietre litografiche. Dalle varietà più compatte a quelle che si approssimano al *calcare terroso*, esiste una serie infinita di gradazioni di tessitura, di durezza e di colorito. I marmi non sono che varietà di calcari compatti.

Il nome di marmo si applica, volgarmente non solo, ma dagli industriali e dagli scultori, a qualunque pietra levigabile, facile allo scalpello. Se questo nome debbe avere un valore scientifico, fa duopo restringerne e precisarne la significazione. Marmo è pel mineralogista « *un calcare suscettivo di bella levigatura.* » I calcari in genere, e i marmi in ispecie, sono sempre più o meno impuri, e variissima ne è la struttura, dipendendo essa sovente da modificazioni subìte posteriormente, e da accidenti geologici: si prestano perciò a tutti i generi di scultura, di intarsiatura e di architettura, e sono quindi, fin da antichissimi tempi, ricercatissimi in commercio. I loro nomi son tolti da' colori, p. es.: *persichino, rosso antico*, ecc.; o dalle località, p. es.: *Portovenere;* o dagli uni o dalle altre insieme, come *nero di Varenna, giallo di Siena*, ecc. Il coloramento dei marmi va attribuito a sostanze eterogenee, frammischiate talora in dose tenuissima, quasi impercettibile.

Tra le sostanze che colorano i calcari, abbiamo, come dissi, il ferro allo stato di perossido, o a diverso grado d'ossidazione, poi, quasi invariabilmente, il manganese, e sostanze bituminose o carboniose. Il ferro ossidato dà una serie infinita di gradazioni dal giallo chiaro al rosso vivo di carmino e di cinabro. Quegli ossidi sono solubilissimi, e possono compenetrare la massa rocciosa ed espandersi per tutti gli invisibili meati. Lo stesso si dica degli ossidi di manganese, che danno una tinta nera o si rivelano così sovente per le belle dendriti [1] di color nero, che si scoprono nelle roccie di ogni specie, dall'arenaria più porosa all'agata più compatta. I bitumi danno alla roccia delle tinte brune o nerastre, e le sostanze carboniose un nero intenso. Osservando ora una serie qualunque di marmi, vedremo che i colori, prescindendo dal bianco opaco o translucido, che è proprio dei carbonati

[1] L'ossido di manganese, disciolto nell'acqua, filtra attraverso le porosità delle roccie, e penetra principalmente tra strato e strato. Rimanendo libero, in seguito all'evaporazione del liquido, si cristallizza, e i cristalli si aggruppano in guisa, che le pagine degli strati rimangono istoriati di eleganti arboscelli, che chiamansi *dendriti*. Le dendriti si formano anche nello spessore della roccia, fin nelle agate più dure.

di calce puri, compatti o cristallizzati, si riducono: 1.° ad una serie di gradazioni di giallo; 2.° ad una serie di gradazioni di rosso; 3.° ad una serie di gradazioni di nero. Le due prime serie possiamo attribuirle, quasi senza tema di errore, all'ossido di ferro: per la terza avremo a scegliere tra il manganese e le sostanze carboniose.

Quanto alla struttura avremo ad osservare i seguenti fatti, che sono in rapporto anche col diverso coloramento: 1.° Il calcare è di una pasta unita, omogenea e, come si direbbe, tutto d'un pezzo. La sostanza colarata si diffuse equabilmente in tutta la massa dandolo un colore uniforme. 2.° Pasta come sopra, ma la sostanza colorante si sparse a macchie, a sfumature, quasi irradiandosi, come da centro, da qualche particolla o di ferro, o di carbone, ecc. 3.° Il calcare offre ancora una pasta unita omogenea, ma la colorazione invece forma delle fasce parallele, ondulate, concentriche, e ciascuna zona ha un colore più intenso da un lato, o si sfuma verso l'altro. È un caso di stratificazione incompleta dove la separazione degli strati è accennata da una linea più porosa, dove la sostanza colorante, sciolta, p. e., dall'acqua potè adunarsi in maggior quantità. 4.° Il calcare mostra ancora una pasta omogenea, ed è colorato a macchie, a zone, ecc. Ma le macchie, le zone non corrispondono, sono anzi divise in piccoli segmenti, ad angoli vivi. Certamente quel calcare, posteriormente alla sua colorazione, fu spostato, rotto in frantumi, che sdrucciolarono l'uno sull'altro, senza scostarsi, poi si cementarono di nuovo, servendo, a quanto pare, di cemento la stessa sostanza colorante, p. es., l'ossido di ferro. È il caso dei *marmi ruiniformi* o *pietre paesine*. 5.° Il calcare offre delle discontinuità lineari, ove insinuossi per l'infiltrazione altra sostanza, generalmente o spato calcareo, o selce, che forma delle vene cristalline. 6.° Il calcare mostrasi frantumato, come nel caso accennato dei marmi ruiniformi, ma i frammenti si staccarono l'uno dall'altro considerevolmente, in guisa che poteronvi penetrare altre sostanze, o per infiltrazione od anche per intrusione meccanica. Costituiscono allora una roccia che i geognosti chiamano brecciata. È il caso del Portoro o Portovenere. 7.° Il calcare si presenta come una pasta, che involge o penetra delle reliquie organiche, di testacei in genere e specialmente di conchiglie (calcari lumachello) o coralli (calcari madreporici) o articolazioni di crinoidi (calcari a entrochi) che, o spatizzati, o alquanto diversamente colorati, mostrano le loro svariatissime sezioni sulla superficie lisciata.

Conchiudendo, io propongo la seguente classazione dei marmi, che mi pare la più naturale, perchè fondata sulla loro struttura, da cui dipende anche il modo di colorazione. La propongo senza aggiungervi motto, credendola abbastanza spiegata coi precedenti:

Calcare concrezionare. — Il calcare si mostra deposto in forma di concrezioni da acque incrostanti. Ci siamo già largamente intrattenuti degli effetti delle acque incrostanti, e delle forme assunte dalle concrezioni che ne derivano[1]. Varietà del calcare concrezionare è il *calcare stalattitico*, che comprende le stalattiti, le stalagmiti, le incrostazioni, i tufi calcarei, le panchine, l'alabastro, ecc. Altra varietà è il *calcare oolitico*, composto di grani sferoidali od elissoidali riuniti da cemento calcareo. Le *pisoliti* e i *calcari pisolitici*, che si formano attualmente, e di cui ci siamo lungamente intrattenuti[2], non differiscono sostanzialmente dalle *ooliti* e dai *calcari oolitici* dei più antichi terreni. Anche le ooliti si mostrano, come le pisoliti, formati da strati concentrici, a cui servì di centro d'attrazione un grano di minerale o un bricciolo organico qualunque.

Calcare terroso. — Poco denso, o poco resistente, poroso, terreo. La *creta bianca*, così sviluppata in Francia, è la varietà tipica. Essa è tanto terrosa, che si sfarina tra le dita, e tinge di bianco gli abiti, come il gesso con cui si scrive sulla lavagna. Il calcare terroso può essere assai puro, come lo sono, p. es., la *creta*, i *travertini*, ecc., ma sovento è misto all'argilla, e diventa un *calcare marnoso*, il quale passa alla vera *marna*.

Marne. — Calcari terrosi, che contengono da 30 a 50 per 100 di argilla.

Dolomite *(calcare magnesiaco, calcare dolomitico).* — Consta di un doppio carbonato di calce e di magnesia in diverse proporzioni. Forma masse imponenti, p. es., tutti i principali colossi delle Prealpi ed alcune montagne nelle Alpi. Si distingue dal calcare per la sua lenta effervescenza negli acidi, e generalmente pel colore più chiaro, spesso candido, e per la sua tessitura cristallina, zuccherina, farinosa. Spesso difatti si decompone, formando una specie di farina o di cenere. Benchè spesso la dolomia sia assai compatta, è però anche sovente cellulosa e cavernosa. I Francesi distin-

[1] *Dinamica terrestre*, Parte seconda, Cap. IV.
[2] Ib., § 569-575.

gaoao la varietà cavernosa col nome di *cargneule*. Le cavità sono talora pulverulenti, o tappezzate di cristalli.

Abusivamente i nomi di dolomia o dolomite s' impiegano a designare molte roccie calcaree, cui l'occhio esercitato del geologo distingue facilmente dai veri calcari, ma che non sono vere dolomiti. Sono esse semplicemente calcari magnesiaci o calcari dolomitici, contenendo soltanto da 5 a 10 per cento di magnesia.

Gesso e anidrite. — I caratteri del gesso, sia litoide, sia cristallizzato, sono volgarmente noti. Si scalfisce coll'ugna e non fa effervescenza cogli acidi. Ciò ci basterà per distinguerne certe varietà litoidi, che potrebbero confondersi con certi calcari. L' *anidrite* non è che un gesso anidro, cioè senz' acqua di combinazione, e riesce compatto, più marmoreo. È singolare l' anidrite di Volpino (all'estremità nord del lago d'Iseo in Lombardia), detta *volpinite* o *gesso di Volpino*, che ha struttura lamellare, e serve assai bene ad opere di scultura.

Il gesso si trova ordinariamente in ammassi lenticulari, interclusi alle roccie calcaree sedimentari. Quegli ammassi sono però ordinariamente stratificati assai distintamente. Così si presenta, p. es., nelle Alpi e nelle Prealpi. Copre di una crosta il Sahara sopra grandi estensioni, e vi si trova anche interstratificato a considerevole profondità nelle sabbie.

26. Roccie saline. — Questo secondo gruppo comprende il *sal-gemma*. Vi sono altri sali, p. es., il solfato e il cloruro di magnesia, che formano degli strati, associati al sal-gemma. Ma questi non hanno, come roccie, nessuna importanza.

Sal-gemma o Salmare. — Si trova in banchi di considerevole potenza, o quasi puro o commisto a sostanze rocciose. Talora i banchi ne sono regolarissimi, ed entrano, come qualunque altro deposito, a costituire la serie stratigrafica. Così lo presentano le saline di Sicilia e del Volterrano. In questa seconda località lo scandaglio a 148 m. di profondità palesò 5 strati di salo, più o meno puro, del complessivo spessore di 22 m., alternanti con argille marno-gessose, bituminifere. Talora invece il *sal-gemma* forma depositi irregolari, o ammassi. Così si presenta il famoso deposito di Cardona in Spagna, coperto da argille impermeabili, o insinuato in roccie arenacee, marnose, calcaree.

27. Roccie combustibili. — Questo terzo gruppo comprende i così detti *combustibili fossili*, che si trovano in strati talora di grande potenza e di enorme estensione, alternanti con strati di altre roccie, specialmente di schisti argillosi e di arenarie. Benchè non combustibile, devesi, per la sua natura mineralogica (vedremo anche per l'identità di origine) comprendere in questo gruppo anche la grafite. Prima di passare alla descrizione

delle singole specie o varietà, avvertiamo che non si può tracciare un limite assolutamente netto tra una specie e l'altra; che dall'antracito alla torba vi ha una insensibile gradazione, e le distinzioni hanno ancora qualche cosa di convenzionale, di empirico.

Grafite. — La grafite si distingue a prima vista, perchè di color nero pumbleo, perchè untnosissima al tatto, perchè lascia le dita tinte di una vernice plumbea, perchè infine ha lo apparenze delle matite ordinarie, alla cui composizione appunto si adopera. Trovasi in vene, in ammassi, in strati, d'ordinario amorfa e pulverulenta, talvolta compatta ed omogenea a sufficienza per essere ridotta immediatamente in matita.

Antracite. — Frattura concoidale, d' un color nero intenso, lucente, tra il litoide e il semi-metallico. Arde soltanto se in copia considerevole, e attizzata da forte ora, consumandosi lentamente, con fiamma cerulea, assai corta. Il fendersi, crepitando, dei frammenti, senza conglutinarsi durante la combustione, è pure caratteristico dell'antracite. Le antraciti sono fra i combustibili quelle che mantengono più a lungo il fuoco ed hanno il più grande potere calorifero.

Abbondano nelle Alpi, principalmente in Savoja, nel terreno detto antracitifero, ma sono di qualità scadente. Abbonda pure nell'America settentrionale, nel paese di Galles in Inghilterra, nel Delfinato e nella Sassonia.

Litantrace o Carbon fossile. — Le varietà di carbon fossile costituiscono una serie numerosa e complicata, essendo assai varia la proporzione degli elementi. In genere i litantraci distinguonsi in *magri* e *grassi*. Sono grassi quelli che danno una fiamma bianca, splendida, abbondante: magri quelli che la danno povera, cerulea e poco risplendente. La magrezza dipende o da povertà di elementi gazosi, o dall' eccesso dell'ossigeno in confronto dell'idrogeno. L'abbondanza degli elementi gazosi, e la ricchezza proporzionale d' idrogeno costituiscono la grassezza. Ma infinite sono le varietà, sia dei magri, sia dei grassi.

Il carbon fossile è sparso a dovizie in quasi tutte le regioni del globo. Parlando del *terreno carbonifero*, avremo occasione di meglio apprezzare l'abbondanza e l'estensione di questo elemento veramente provvidenziale che, se una sostanza materiale può meritare tal nome, deve annoverarsi tra i primi fattori dell'umano incivilimento. Copio dal *Corso di mineralogia* del prof. Bombicci lo specchio statistico della produzione annua di carbon fossile dei diversi Stati d'Europa, quali si riteneva alcuni anni or sono:

Inghilterra	tonnellate	24,600,000
Belgio	"	3,840,000
Francia	"	3,000,000
Gallizia	"	45,000
Boemia	"	29,000

Ma siccome risultò all' Esposizione internazionalo di Londra nel 1862 elevato il prodotto combustibile fossile nelle Isole Britanniche a 90 milioni di tonnellate, avuto riguardo al crescente sviluppo dell' industria europea, e specialmente al progresso della locomozione a vapore, si può ritenere che l'indicata statistica non rappresenti nemmeno la metà del prodotto attuale in Europa. In Inghilterra, nella formazione carbonifera, che, come vedremo, occupa diversi bacini geologici, si contano fin oltre 90 strati di carbone, il cui spessore varia da pochi centimetri a parecchi piedi. La *Relazione* del prof. Cocchi sull' Esposiziono del 1862 ci dà il seguente quadro dell'estensione dei bacini carboniferi degli Stati Uniti:

Bacino degli	Appalacchiani	miglia quad.	55,500
"	Illinois, Indiana, Kentuky. .	"	51,100
"	Missouri e Arkansas	"	73,913
"	Michigan.	"	13,350
"	Texas.	"	3,000

Aggiungansi i vasti bacini di Terranova, Nuovo Brunswich, Nuova Scozia, Cumberland, Calchester e Hants, Pichton, Capo Breton, ecc. Al nord d'America si assegna complessivamente un'area carbonifera di 204,000 miglia quadrate, mentre non è che di 5,531 m. q. nelle Isole Britanniche. Ricchi poi di carbon fossile sono il Giappone, la China, la Nuova Zelanda, l'Australia, ecc. Seguono le varietà.

Lignite. — Aspetto affatto simile al litantrace, ma più appannato. Arde con fiamma assai lunga, chiara, ma non dà coke. Lessi tuttavia di ligniti che danno una specie di coke. Il fumo ha un odore assai spiacevole che richiama alquanto l'odore dell'acido pirolegnoso.

Le ligniti, sparse abbondantemente nel Vicentino, presentano la varietà tipica; così altre d'Italia. La lignite perfetta è talora così compatta e sonora come il *cannel-coal* e serve pur essa alla fabbricazione di oggetti di ornamento. Piglia allora il nome di *gagate* o *giajetto*. Le ligniti lucenti presentano talora delle parti legnose, le quali possono aumentarsi e prevalere fino al punto che le parti lucenti sono eccezzionali nella massa e la lignite è distintamente fibrosa, anzi talora dichiaratamente legnosa, o piglia l'indole e l'aspetto della *torba nera*. Dicesi allora *lignite xiloide*. Come anello tra le ligniti e le torbe si potrebbe citare la *lignite torbosa* di Leffe in Val-Seriana (Lombardia). Un intreccio di alberi anneriti si trovava superiormente al *banco maestro*, composto d'una lignite pastosa, a guisa di torba nera, con alcune parti picee, ed altro assolutamente legnose.

Torba. — Roccia carboniosa, porosa, leggiera, con tutte le gradazioni di colore, dal nero al bruno e dal bruno al giallastro. Trattandosi di de-

positi in tutta attualità di formazione, abbiamo già veduto come e in quali condizioni la torba si generi e si sviluppi [1]. Dal fondo della torbiera, ove la torba è fusa in una pasta omogenea, schistosa, nera, compatta, simile alla lignite, si passa, con insensibili gradazioni, alla superficie, ove la torba è giallastra, soffice, composta di vegetali, che hanno subìto soltanto un primo grado di trasformazione.

28. Roccie ferrifere. — Questo quarto gruppo comprende soltanto la *limonite*, colle sue varietà, cioè i depositi di ferro litoide, argilloso, compatto o terroso.

Limonite. — L'idrossido di ferro terroso, con piccola quantità di fosfato di ferro, forma la limonite, che talvolta si trova in ammassi considerevoli sul fondo delle paludi. Praticamente poi chiamasi *limonite* o *limonitica* qualunque massa terrosa, fangosa, ricca di idrossido di ferro. — Le limoniti formano estesi depositi, interstratificati ne' diversi terreni. Come varietà di limonite può considerarsi l'*iron-ore*, che forma degli strati estesi e potenti, alternanti colle arenarie, gli schisti e i letti di litantrace nel terreno carbonifero. Presenta all' analisi molte varietà distinte coi nomi di *uronite*, *ematite impura*, *calibite* o *ferro spatico impuro*. L'*iron-ore* ha l'aspetto litoide, il colore rossiccio, e affetta ordinariamente la struttura concrezionare, formando degli strati composti di rognoni irregolari.

II. Classe delle roccie aggregate.

29. Aggregati incoerenti. — Piuttosto che roccie, sono ammassi, o strati, di frantumi di roccie senza cemento.

Sabbia. — Sabbie si chiamano le roccie o, per meglio dire, gli ammassi di grani minuti, incoerenti, di sostanze cristalline, che, per quanto ridotte all' estrema finezza, non subiscono una vera decomposizione sotto l'azione atmosferica, mantenendo sempre l'aspetto del minerale che le compone, e rimanendo ruvide al tatto e facilmente permeabili alle acque. Generalmente è il quarzo che le compone nella quasi totalità; ma altri minerali gli si associano, per cui possono distinguersene in gran numero le varietà. Eccone alcune:

Sabbia quarzifera. — Composta in gran parte di grani di quarzo, a cui si associa quasi sempre il mica. Sono di questa natura le sabbie de' fiumi e dei littorali, dipendenti da monti granitici, come le Alpi, e da monti dove dominano le arenarie, come gli Apennini. Tali son pure i grandi ammassi di sabbie gialle e bigie stratificate della formazione subapennina, ecc. Molte

[1] *Dinamica terrestre*, Parte prima, § 365-367.

volte, p. es., noi terreni subapennini l'ossido di ferro si associa abbondantemente al quarzo, o le sabbie prendono una tinta di ocra, onde gli appellativi di *sabbie ferruginose*, *sabbie gialle*.

Sabbie ferrifere. — Diverse dalle sabbie ferruginose, in quanto che il ferro ossidulato titanifero vi entra come costitutivo, allo stato sabbioso, con grani di peridoto e di altri minerali d'origine vulcanica. Si raccoglie appunto ne' distretti vulcanici. Appartengono a questa varietà le sabbie del lago di Bolsena e del littorale napoletano.

Sabbie aurifere. — Sabbie quarzose, ricche relativamente di pagliette d'oro. Sono notissime le sabbie aurifere de'nostri fiumi subalpini.

Sabbie calcaree. — Vi si mescola, in proporzioni considerevoli, il calcare.

Sabbie argillose. — Sono d'indole fangosa, ricche di particelle argillose.

Ghiaja. — Dalle finissime sabbie alle ghiaje più grossolane, e da queste agli aggregati di ciottoli d' indole fluviale, lacustre o marina, esistono tutte le gradazioni possibili. Per noi la sabbia comincia a meritare il nome di ghiaja, quando vi si distinguono già bene le roccie componenti. Dalla prevalenza di certe roccie piuttosto che di altre, si potranno dedurre i diversi appellativi per distinguerle, p. es., in *ghiaje calcaree, dolomitiche, cristalline*, ecc.

Terriccio o humus. — Sappiamo che la superficie terrestre è continuamente decomposta. Lo sfasciume che ne risulta diviene opportuno alla vegetazione, per cui si arricchisce a poco a poco di sostanze organiche, costituendo il *terriccio*, la *terra vegetale*, l'*humus* dei latini.

Detrito. — Si dà nome di detrito allo sfasciume roccioso, qualunque ne sia l' origine. Lo si applicherà specialmente agli ammassi incoerenti che costituiscono le frane, le morene glaciali, ecc.

30. Aggregati coerenti senza cemento. — Sono roccie dotate di un grado di coerenza minore o maggiore, ma generalmente assai debole, e constano di finissime particelle minerali, le quali, analizzate, si riducono facilmente ad alcuno dei silicati alluminosi, principalmente ai feldspati, o ad alcuno dei silicati magnesiaci, specialmente al talco o al serpentino. Le particelle componenti aderiscono fra loro per semplice coesione, dovuta alla natura untuosa o, per dir così, glutinosa, del minerale. Alcuni di questi aggregati si spappolano perciò facilmente nell'acqua, come le *argille*, i *caolini*.

Argille. — Sono impasti alluminosi, o silicati di allumina idrati. Le proporzioni dei minerali componenti le argille stanno tra i minimi e i massimi seguenti:

Selce	da 42	a 66	por 100		
Allumina.	» 18	» 39	»	»	
Acqua	» 6	» 24	»	»	

Oltre l'acqua combinata, contengono una certa quantità d'acqua idrometrica.

Varie di colore, di durezza, di tenacità, ecc., le argille si distinguono però tosto per alcuni caratteri communi. Disseccate, si sgretolano facilmente fra le dita, si spolverizzano e allappano fortemente. Inumidite, esalano odore argilloso caratteristico. Pregne d'acqua sufficientemente, divengono pastose, plastiche, e aumentando la dose del liquido, si spappolano interamente, riducendosi in poltiglia impalpabile. Osservando bene, si vede che quella poltiglia è formata da particelle libere, tenute in sospensione, sicchè si può ritenere che l'argilla non è altro che una roccia formata da finissime particelle di silicati di allumina aggregati, e debbe quindi computarsi tra le *roccie aggregate*.

Una prova, che l'argilla non è altro che una roccia di aggregazione, l'abbiamo anche in ciò, che essa non è mai pura; anzi è commista ad una quantità, talora assai considerevole, di minerali in grani, specialmente di grani di quarzo, fino al punto che si hanno *argille sabbiose*, di cui si vantano depositi enormi nei nostri terreni subapennini. Mentre l'argilla rimane in sospensione nell'acqua, le sostanze sabbiose si depongono sul fondo, sicchè l'argilla si può *decantare*, metodo ordinario per ottenerla della maggior purezza possibile.

È l'argilla così *decantata*, e quindi modellata, che, secondo la maggiore o minore purezza, e secondo le speciali proprietà corrispondenti a ciascuna varietà, serve alla fabbrica dei mattoni, delle stoviglie, dello terraglio o delle porcellane.

L'argilla, per quanto lavata, non è mai pura. L'ossido di ferro, a cui si deve il color rosso della terra cotta, i silicati di calce e di magnesia, e il carbonato di calce, che può esserci in tal dose da costituire un'*argilla marnosa*, sono le sostanze che ordinariamente o, meglio, invariabilmente, l'inquinano.

Uno dei caratteri che rende le argille preziose all'industria, è quello d'essere *refrattarie*, cioè di resistere a temperature molto elevate. Tale dote si accresce in proporzione della purezza dell'argilla.

Le argille si dividono in due categorie, le *plastiche* e le *smetiche*.

Le argille *plastiche* o *figuline* si distinguono appunto per la loro plasticità, che le rende atte a modellarsi negli stampi. Grossolane e impure, servono alla fabbrica de' mattoni; pure, ma atte a colorarsi sotto l'azione del fuoco, si impiegano nella fabbricazione delle stoviglie (terra di Biella); se più o men pure e bianche, danno stoviglie più nobili (majolica, terraglia inglese, porcellana). Ecco l'analisi di due tra le migliori argille figuline, la prima di Vaugirard (Senna) per le stoviglie com-

muni, l'altra di Moutereau (Yonne) per le terraglie inglesi, terra da pipe, ecc.

	Vaugirard	Montereau
Acqua combinata.	14,58	10,00
Selce.	51,84	64,40
Allumina.	26,10	24,60
Ossido di ferro	4,91	traccie
Calce.	2,25	— —
Magnesia	0,23	— —

Le *argille smetiche*, o terre da gualchiera, da follone, da purgo, sono untuose, saponacee al tatto, e non fanno pasta coll' acqua o la fanno poco malleabile. Invece si combinano facilmente colle sostanze grasse, e si usano quindi per digrassare i panni. Le due argille tipiche di questo genere, quelle cioè di Surrey (Inghilterra) e di Slesia, sono così composte:

	Surrey	Slesia
Selce	53,00	48,50
Allumina	10,00	15,50
Calce.	0,50	— —
Magnesia.	1,25	1,50
Ossido di ferro	9,75	7,00
Acqua	24,00	25,50

Schisto o Scisto. — Sotto il nome di *schisti argillosi, tegulari, ardesiaci, filladici*, ecc., furono comprese sicuramente roccie di natura e d'origine ben differente, soltanto perchè aveano di commune certi caratteri, cioè il dividersi in lastre sottili, l'offrire una struttura schistosa, una superficie lucente e l'essere atte a servire come ardesie. È certo però che, mentre alcuni schisti ritengono l'indole delle roccie cristalloidi schistose, avvicinandosi più o meno al gnoiss, al micaschisto, al talcoschisto, ecc., altri sono veri aggregati di particelle o talcose o argillose. Confesso che non sarà facile fissare se un dato schisto vada compreso tra i composti piuttosto che tra gli aggregati, molto più dopo l'intervento del metamorfismo, come vedremo; ma è anche vero, che non si badò troppo a stabilire tale distinzione. Il microscopio è destinato ad ajutare l'occhio nudo in questo genere di analisi, svelandogli se i minerali componenti gli schisti vi si trovano allo stato cristallino, piuttosto che frammentizio, di composizione piuttosto che di aggregazione. Mi attengo per ora al Dana nell'ascrivere lo *schisto* (shale) alle roccie frammentizie o aggregate. Lo *schisto* non sarebbe in questo caso che un' argilla indurata, coerente, e può essere *bituminoso*, se impregnato di bitume, *carbonioso*, se sparso di particelle di carbone, ecc.

31. Aggregati coerenti con cemento. — Sono roccie composte di frammenti rocciosi, di assai varie dimensioni, riuniti da un cemento. Questo gruppo comprende le *arenarie* e i *conglomerati*.

Arenaria. — Chiamansi arenarie le roccie composte di grani minuti di quarzo, ossia di sabbia agglutinata, resa, cioè, coerente da un cemento qualunque. Tali roccie si indicano indifferentemente dai geognosti anche col nome di *grès*, e presentano infinite varietà.

Arenaria propriamente detta o *grès*. — Propriamente parlando, pare che il *grès* dei Francesi, il *grit* degli Inglesi, sia un'arenaria durissima, a cemento calcareo, o siliceo, detta dagli Inglesi *millstone grit*, perchè si usa come pietra da macina, o *grindstone grit*, servendo anche come coto o come pietra da arrotino.

Macigno, o *pietra serena*. — Sono nomi toscani che designano le arenarie quarzose, durissime, a cemento argilloso, calcareo, sviluppatissime nell'Apennino.

Psammite, o *arenaria micacea*. — È un macigno ricco di mica, e d'indole schistosa (Apennino, Brianza, ecc.).

Molassa. — Si distingue dal macigno solo per la poca consistenza, dovuta, a quanto pare, alla natura più argillosa del cemento (Brianza, Svizzera, ecc.).

Arenaria argillosa. — È una specie di fango concreto, cioè un'arenaria schistosa, a grani fini, quarzosi e micacei, impastati con argilla.

Glauconia. — Col nome di *glauconia* si indicano certe roccie marnose o sabbiose, ove domina il verde, dovuto a grani cloritici più o meno distintamente disseminati, od allo stato di clorite litoide. Le *sabbie verdi*, i *grès verdi*, costituenti in Francia e altrove i terreni inferiori della *creta*, risultano sopratutto da una aggregazione di grani di quarzo e di clorito.

In Italia si distinguono le *glauconie* dell'*eocene superiore*, che dominano nel Vicentino e altrove.

Grès calcareo. — Il grès calcareo consta di grani di calcare riunito da cemento calcareo. Coll'ingrossarsi de'grani, si rileva sempre più lo stato frammentizio del calcare, e il grès calcareo passa alla *brecciola calcarea*, che troveremo qui sotto tra i conglomerati. La nostra *pietra di Viggiù* può considerarsi come tipo di grès calcareo, che fa passaggio alla brecciola.

Conglomerato. — Si applica il nome generico di *conglomerato* a qualunque roccia, la quale consti di frammenti rocciosi di dimensioni appena considerevoli, riuniti da un cemento.

Secondo la forma dei frammenti, la loro natura, e le mille accidentalità, se ne distinguono innumerevoli varietà, che si possono tuttavia ridurre alle

seguenti, salvo i diversi predicati, che loro si possono aggiungere, tolti dal vocabolario litologico.

Breccia. — È un conglomerato, composto di frammenti angolosi, riuniti senz'ordine, come sarebbe dei frammenti di una roccia che naturalmente si sgretoli, ammassati dovechessia, quindi da un minerale qualunque cementati. La breccia può essere *calcarea*, *quarzosa*, ecc., secondo che i frammenti consistono di calcare, di quarzo, ecc. Si dirà poi a cemento *siliceo*, *calcareo*, *argilloso*, ecc., giusta la natura di esso cemento. La *brecciola* non è che una breccia a minuti elementi. Se i frammenti, onde consta una roccia, sono tutti di idontica natura, e si corrispondono in quella guisa che accade dei frantumi di una roccia, che venga rotta semplicemente, ma non spostata, non avremo punto un *conglomerato*, una *breccia*, ma semplicemente una *roccia brecciata*.

Puddinga. — Ripetasi quanto si è detto della breccia, con questa eccezione, che i frammenti rocciosi, i quali compongono il conglomerato detto puddinga, sono arrotondati, cioè ridotti come le ghiaje, i ciottoli dei fiumi o del mare.

Dicesi più determinatamente *gomfolite* o *ceppo* una puddinga grossolana, di veri ciottoli, la cui grossezza può elevarsi fino a quella di veri massi arrotondati, p. es., del diametro di 50 centimetri. Il tutto è riunito da cemento calcareo od arenaceo. Tali sono il così detto *Nagelflue* degli Svizzeri, il nostro ceppo di Inverigo, di Brembato, di Trezzo, il *conglomerato di Como*, ossia di *Camerlata*, ecc. La gomfolite però (e ciò sia detto rispettivamento di tutti i conglomerati) offre mille gradazioni nello stesso deposito, passando dalla semplice puddinga fino al grès minutissimo. Per esempio il detto *ceppo gentile* di Brembate, ecc., non è che la gomfolite ridotta a minutissimi elementi. Vuolsi riservare il nome speciale di *anagenite* ai conglomerati di quarzo con cemento talcoso.

Grovacca. — Col nome di *Grauwacke* i Tedeschi distinguono una roccia di frammenti di felspato, quarzo e mica, con cemento talcoso.

III. Classe delle roccie cristalline.

32. Roccie granitiche.[1] — Questo primo gruppo comprende delle roccie d'aspetto granuloso, alle quali si conviene, in grado eminente, l'epiteto

[1] Nelle mie *Note a un corso di geologia* (vol. II) aveva ripartito le roccie cristalline in diversi gruppi, secondo il minerale prevalente. Ma anzi tutto il feldspato mantiene quasi invariabilmente una assoluta preponderanza in tutte le roccie cristalline, salvo nelle roccie anfigeniche, dove è sostituito dall'anfigene, che può egli stesso considerarsi come un feldspato, e nelle roccie serpentinose, ove è sostituito da silicati magnesiaci. Quanto ai minerali, che si

di *cristalline*, nel senso preciso che gli abbiamo attribuito; quelle roccie si possono cioè veramente definire como puri aggregati di cristalli. Il feldspato, il quale si può dir primario componente di tutte le roccie cristalline, ad eccezione dello serpentinose, si associa al quarzo, e a un terzo minerale, che può essere il talco, o l'orneblonda, o più communemente il mica. Tutti gli elementi si mantengono ben distinti, in piccole masse cristalline, nessuno di essi formando, come nelle roccie dei gruppi seguenti, una pasta sensibilmente omogenea, entro la quale siano disseminati in cristalli isolati gli altri minerali. Il feldspato però è quello che si presenta generalmente in cristalli distinti e ben definiti. Ancora sufficientemente distinta, ma meno decisa, è la forma cristallina del terzo elemento. Quanto al quarzo, ei si offre in grani cristallini di variatissima forma, piuttosto che in cristalli.

Granito. — Roccia granulare, essenzialmente composta di quarzo, feldspato e mica, a struttura assolutamente massiccia, spesso a clivaggio prismatico. Gli elementi sono affatto distinti l' uno dall'altro, discernibili anche ad occhio nudo. Il mica è bianco, o nero, o bruno, in paglie o gruppetti laminari di cristalli più o meno perfetti. Il quarzo è generalmente bianco-bigio, vitreo, senza apparente clivaggio, in grani cristallini amorfi. Il *feldspato* è bianchiccio o colorato, carnicino, rossiccio, verde, generalmente in cristalli distinti, spesso perfettissimi che raggiungono considerevoli dimensioni. In questo caso i *graniti* diconsi *porfiroidi*, o si distinguono, per l' aspetto della superficie, ove sembrano incastonati in disordine dei quadrilateri allungati, non altro che le sezioni dei grossi cristalli di feldspato. Come tipo di granito porfiroido può citarsi il nostro *serizzo ghiandone* che forma un' enormo massa nelle colossali montagne tra Chiavenna e Morbegno. Si considerano come varietà di *granito* le seguenti roccie:

Granito commune. — Il granito, il cui feldspato è il commune, cioè l'*ortose* feldspato a base di potassa. Il coloro ne è bianco grigio, o carnicino, secondo che il feldspato è bianco o rossiccio.

Granito albitico. — Contiene l'*albite*, cioè il feldspato a base di soda, invece dell'ortose. Il colore è generalmente bianco. L'albite nel granito si distingue per essere generalmente meno colorato dell'ortose, e striato finamente in una direzione.

---

associano al feldspato, essi si presentano in proporzioni così varie, anche nelle roccie appartenenti, per tutti gli altri caratteri, allo stesso gruppo, che una classificazione basata sulla loro prevalenza si trova facilmente in contraddizione con sè stessa, quando non voglia adattarsi a disgiungere delle roccie, che la natura ha congiunte colle più decise affinità. Preferisco ora adunque di raggruppare le roccie cristalline intorno a certi tipi, ai quali si stringono per la pluralità dei caratteri.

Granito oligoclasico. — Nelle Alpi, specialmente nell'Eogadina, e tra Splügen e Andeer, è sviluppatissimo un granito verde, nel quale, cioè, il feldspato si presenta con questo colore. Spesso questo granito assume l'aspetto di un gneiss verde. Una varietà di un bel verde trovasi sparsa in massi erratici sul Giura, e vuolsi proveniente dalle Alpi bernesi, e precisamente dalla Dame-Blanche. Siccome il verde è uno dei colori assunto frequentemente dall'oligoclasio, così si può ritenere, fino che non ne sia fatta l'analisi, che questa specie di feldspato entri come costitutivo del granito descritto.

Pegmatite o granito grafico. — Granito grossolano, nel quale il quarzo è distribuito, e come incastonato, entro il feldspato (ortose) in guisa da produrre l'apparenza di caratteri orientali. Mica bianchiccio in tennissima quantità. (Urali, Stati Uniti, Elba, ecc.)

Granito a doppio feldspato. — I due feldspati, l'ortose e l'albite, sono associati nella stessa roccia. Il granito *roseo*, detto *miarolo di Baveno*, si può pigliare per tipo di questa varietà.

Granito sienitico. — Contiene, col mica, una certa quantità di orneblenda.

Anche i minerali accessorî possono trovarsi nel granite in sì gran copia, da costituire importanti varietà. Noterò, p. es., il *granito tormalinifero* dell' isola d' Elba e del Giglio, il *topazifero* della Sassonia, il *granatifero* di Corsica, ecc.

Gneiss. — Roccia composta degli elementi del granito; ma essi elementi presentano quasi uno schiacciamento su un dato piano, e specialmente il mica vi è disposto a lamine stirate, quasi sfogliature parallele sullo stesso piano. Ciò dà al gneiss la tendenza a fendersi in strati o lastre parallele. Le nostre *beole*, o *bevole*, che ci forniscono le magnifiche lastre classiche pei terrazzi, possono ritenersi come tipo della specie.

Del resto, tra il granito e il gneiss vi hanno così indefinite transizioni che non si può fissare un limite tra l'uno e l'altro. Nel linguaggio dei geologi alpini sono già usati, e abusati, diversi termini di mezzo, per indicare le indefinite transizioni delle roccie granitiche delle Alpi. È cosa ordinaria, p. es., il sentir parlare indistintamente e di *granito gneissiaco* e di *gneiss granitico*. Gioverà tuttavia per la pratica geologia distinguere le seguenti varietà:

Gneiss porfirico. — Contiene grossi cristalli di feldspato.

Gneiss occhiatino. — Il feldspato si trova piuttosto in nodi che in cristalli, sicchè la superficie appare seminata di sezioni bianche, ellittiche o discoidali. È l'*Augen-gneiss*, proposto dal signor Fritsch, varietà dominante al San Gottardo.

Gneiss granitico. — È granito, il quale però ha dichiarata tendenza alla sfaldatura parallela, caratteristica del gneiss.

Gneiss fettucciato. — Il *Band-gneiss* del signor Fritsch. Gli elementi sono disposti a sfogliature parallele in guisa, che la superficie rivela una struttura a grosse fibre, a fettuccie.

Gneiss micaceo. — Talora il mica ha tanta prevalenza sugli altri elementi, da costituire una varietà, la qual poi fa passaggio alla specie seguente, cioè al *micaschisto*. Il gneiss abbonda soventi di *granati*, di *epidoto*, quindi il *gneiss granatifero*, il gneiss *epidotico*, ecc.

Queste due ultime, ed altre varietà, dovrebbero forse figurare nelle roccie *cristalloidi*, meglio che nelle *cristalline*. Ci spiegheremo meglio in questo senso più tardi, parlando della origine del gneiss.

Protogino. — È un vero granito, in cui il mica è sostituito dal talco. Spesso però al talco si associa il mica, e ne risulta un granito a quattro elementi. È una roccia sviluppatissima nelle Alpi, principalmente nei gruppi del Monte Bianco e del S. Gottardo.

Protogino gneissoide o *gneiss talcoso.* — È un protogino che ha la forma dello gneiss. Si presenta pure nelle Alpi.

Sienite. — Così nominata da Sieno in Egitto.[1] È un granito in cui l'orneblenda, nera o verde-cupa, è sostituita al mica. Talora però il quarzo quasi scomparve, e talora anche il mica si mantiene in pagliette coll'orneblenda (*sienite micacea*).

Miascite. — Ortose con *eleolite* (feldspato verde, rossastro o bruno a base di soda) mica, orneblenda e talvolta albite e quarzo. Si associa alla sienite. La miascite e le due specie seguenti non hanno che una importanza molto secondaria, e possono considerarsi come varietà di graniti.

Granulite, Leptinite o **Eurite.** — Roccia granitica, composta di feldspato e di quarzo, imperfettamente schistosa (Vosgi, Sassonia, Pirenei, Elba, ecc.).

Jalomicte. — Granito quasi privo di feldspato (Limoges, Gallizia, Elba ecc.).

33. Roccie porfiriche. — In questo gruppo di roccie il feldspato prende una così decisa prevalenza, da non lasciare agli altri minerali che la parte di accessori. Un altro carattere, che distingue le roccie porfiriche dalle granitiche, sta nella minore distinzione dei componenti. Generalmente il feldspato forma come una pasta sensibilmente omogenea[2], entro la quale

---

[1] Pare che la così detta *sienite* d'Egitto sia piuttosto un vero granito. Le vere *sieniti* tipiche abbondano invece nelle Alpi, all'isola d'Elba, ecc.

[2] Col dire che la pasta delle roccie porfiriche, e di quelle che appartengono ai gruppi seguenti, entro la quale sono disseminati i cristalli, è *sensibilmente omogenea*, non intendo di

sono disseminati cristalli pure di feldspato, talvolta di mica e orneblenda, o grani di quarzo. Tipo di questo gruppo è il *porfido*.

Porfiro o porfido. — Il nome di *porfido* è sacro ad indicare la famosa roccia così abbondantemente importata in Italia nell'epoca romana, e che si crede proveniente dall'Egitto. È il *porfido rosso antico*, roccia compatta, composta di una pasta grigio-purpurea, o rosso-bruna, seminata di cristalli di feldspato (oligoclasio), a cui si devono le macchiette rettangolari o quasi rettangolari, che appajono sulla superficie levigata della roccia. Qualche volta contiene mica ed orneblenda.

Molte varietà di porfido rosso-purpureo o rosso-bruno formano delle masse nelle nostre Prealpi, o sono disseminate in ciottoli nelle più antiche come nelle più moderne puddinghe. In Lombardia essi porfidi si trovano già nelle puddinghe dell'epoca paleozoica. Alcune varietà si assomigliano quasi perfettamente al porfido rosso antico.

Porfido quarzifero. — Contiene molto quarzo in una pasta feldspatica. Tipico è il porfido rosso del lago di Lugano, detto anche *granito porfiroide* (Bretagna, Elba, ecc.). Mineralogicamente può stare colla pegmatite e coll'eurite, e anche col granito.

Il porfido quarzifero, detto *elvan*, di Cornovaglia è composto di ortoclasio.

Porfido amfibolico. — Pasta bianca, seminata di cristalli di amfibolo. Prescuta molte varietà che abbondano nelle Prealpi lombarde. Come tipico si può considerare il porfido di Val Gandino. Il porfido amfibolico non è infine mineralogicamente che una diorite.

Melafiro. — Consta di labradorite: compatto, rosso-grigio, nero-verdiccio, talora picchiettato. Il nome fu abusivamente appropriato a roccie d'altra natura.

Trap feldspatico. — Chiamato anche *trap bianco*, consta di cristalli di feldspato in una pasta feldspatica. Il trap del Canadà è composto di ortoclasio, o feldspato a base di potassa. Quello d'Australia e d'altre località lo è di feldspato a base di soda.

Petroselce. — Con questo nome si indicavano le roccie di feldspato compatto, o meglio di pasta feldspatica, omogenea. Ma l'analisi rivelò

insinuare che realmente lo sia, come lo sono, p. es, i metalli fusi, i vetri, ecc. Anche nell'impasto apparentemente più omogeneo un occhio attento potrà facilmente discernere dei cristalli: e dove l'occhio non valga, suppliranno all'uopo la lente e il microscopio. Vedremo, come anche le paste d'apparenza vitrea, p. es., la retinite, si risolvano sotto al microscopio in una massa di cristalli. La differenza che io voglio indicare tra le roccie granitiche e le roccie porfiriche si risolverebbe nel dire che i minerali, i quali formano nel primo caso un aggregato di cristalli distinti, sono disseminati nel secondo caso in cristalli distinti, entro una pasta cripto-cristallina.

nelle *petroselci* varietà, anzi specie, distinte. Dana ne riporta le analisi fatte sopra specie del Canadà. Il petroselce è da taluno confuso coll'eurite.

Petroselce ortoclasio. — Consta di ortoclasio con un po' di quarzo. Bianchiccio, verdiccio, con lucentezza alquanto cerea.

Petroselce-albite. — Simile alla precedente: ma l'albite sta in luogo dell' ortoclasio.

Petroselce-diorite. — Bianco-grigio o verde-chiaro. Consta di albite e orneblenda. È quindi una vera diorite compatta.

Petroselce-granato. — Roccia di color chiaro, di una durezza e compattezza eccezionali, composta di puro granato, con macchie disseminate di serpentino. È una roccia eccezionale, qui posta per la somiglianza del nome.

Saussurite o *giada tenace.* — Consta di labradorito, unita intimamente, vuolsi da taluno, al talco.

Trachiti quarzifere. — Le roccie dette trachiti dagli autori presentano tale numero di varietà, che potrebbero giustificare la loro divisione in più gruppi di roccie distinte, da indicarsi ciascuna con apposito nome. Il principale elemento costituente è il feldspato vitreo (*sanidino*), al quale si associano, come nei porfidi, il quarzo, il mica o l' orneblenda. Talvolta i diversi elementi sono tutti distinti, e la trachite si presenta come un granito. Talvolta invece i cristalli sono disseminati in una pasta vitrea. Fra i due estremi esistono tutte le transizioni. I più recenti studi hanno rivelato come il quarzo, il quale non figurava che come accidentale nelle trachiti, costituisce invece per molto un elemento primario. Al presente i litologi sono d'accordo nel dividere le trachiti in *quarzifere* e *non quarzifere*. Sono quarzifere quelle, p. es., del piccolo Rosenau nel Siebengebirge, di Hohenburg, diverse trachiti dei Colli Euganei. Le trachiti quarzifere, vuoi per la struttura, vuoi per la composizione chimica, andrebbero poste a canto dei graniti, anzi talora quasi identificate con essi. La trachite dell' isola Ponza si assomiglia a un granito a grana minuta; e quella che il Roth chiama *liparite* è, secondo Bischoff, molto affine al granito o al porfido quarzifero. Le trachiti infine stabilirebbero colle loro varietà una catena di transizioni fra le roccie feldspatiche più cristalline e le vitree, tra i graniti e le obsidiane.

Trachiti non quarzifere. — Composte come le precedenti, ma prive o quasi prive di quarzo. Notansi le seguenti varietà:

Fonolite. — Consta di feldspato vitreo (ortoclasio od oligoclasio) con nefelina o con una zeolite; contiene spesso disseminati cristalli di feldspato vitreo, di orneblenda e talora di mica. Percossa dal martello, rende un suono metallico, il che le valse il nome di fonolite. È compatta, grigio-cerulea o altrimenti colorata, schistosa più o meno, e di struttura

lamellare (Colli Euganei, Ungheria, ecc.). Si distinguono tre varietà dello stesso nome: *fonolite commune*, schistosa, senza cristalli distinti di feldspato, e con disseminata una zeolite, ritenuta ordinariamente come essenziale ingrediente della roccia: *fonolite di Lachine* o *trappo bianco*, roccia a base rossiccia, composta di ortoclasio e di una zeolite (probabilmente *natrolite*) in parti approssimativamente uguali; forma dei dicchi a Lachine, nel Canadà: *fonolite porfirica*, varietà contenente cristalli di feldspato distinti.

Lava fonolitica. — E più cellulosa della trachite, e non ne presenta l'asprezza caratteristica.

Trachite lavica. — Trachite molto cellulosa.

Domite. — Trachite terrosa, friabile, del Puy-de-Dôme (Alvernia).

Trachite schistosa. — Varietà di struttura.

Trachite porfirica. — Disseminata di cristalli di feldspato vitreo, spesso senza traccia di orneblenda.

Trachite granitoide. — Aggregato granulare di feldspato vitreo, di orneblenda e mica. Prossima alla diorite.

Pomice. — Le lave eminentemente feldspatiche, allo stato di fluidità più o meno perfetta, si trasformano in iscoria assai bollosa, filamentosa, leggerissima, che si chiama *pomice*, roccia del resto volgarmente nota. Si potrebbe chiamare anche trachite porosa o filamentosa. Per quanto però le pomici siano fuse e ridotte ad una pasta omogenea, contengono spesso del feldspato vitreo, dell'orneblenda, della leucite, del mica. Da ciò apparisce chiaramente, che la pomice è piuttosto una forma litologica che mineralogica, potendo offrire una serie indefinita di composizioni diverse, secondo la natura della lava da cui proviene. Lo stesso intendasi detto della *obsidiana*, della *retinite*, della *perlite* di cui ci facciamo a discorrere.

Obsidiana. — È una lava che presenta l'aspetto di un vetro nero, originato dalla perfetta o quasi perfetta fusione di una lava feldspatica. Spesso è anch'essa porosa, seminata di parti cristalline e di cristalli, anzi talora assolutamente porfiroide.

Obsidiana sferolitica. — Contiene minute concrezioni di feldspato.

Obsidiana porfiroide. — È sparsa di cristalli di feldspato.

Retinite. Pietra picea. — Si può definire una obsidiana imperfetta. Ha aspetto di pece, dal grigio al nero, con gradazioni verdastre, rossiccie, brune.

Perlite. — Prossima alla retinite, è però meno vitrea, d'aspetto perlaceo, ordinariamente grigia, talora bruniccia, rossiccia, giallastra. L'apparenza perlacea è dovuta alla mistura di una parte vitrea con altra maggiore litoide (Colli Euganei, Ungheria, ecc.).

Sferolite. — È una perlite contenente concrezioni di feldspato, nel quale la selce è in eccesso.

34. Roccie dioritiche. — Composte essenzialmente di feldspato o orneblenda. L'orneblenda non solo vi figura como costituente, ma talvolta prevale sul feldspato. I cristalli di feldspato o di orneblenda sono disseminati in una pasta sensibilmente omogenea, che può essere di feldspato, o di feldspato misto a orneblenda. Il quarzo vi figura come minerale accessorio. Tipo di questo gruppo è la diorite.

Diorite. — Roccia granitoide, composta di amfibolo e feldspato (albite o oligoclasio), talora con piccola quantità di quarzo.

Le dioriti hanno sulle nostre Alpi, e conseguentemente nel terreno erratico subalpino, specialmente in Lombardia, un immenso sviluppo. Talora la roccia è composta quasi intieramente di cristalli d'amfibolo e si dirà meglio *amfibolite*. Talora invece il feldspato sarà prevalente. Ne esistono del resto infinite gradazioni. Le seguenti roccie possono aversi o come specie e come semplici varietà della diorite.

Diorite porfiroidea. — Pasta dioritica, contenente cristalli o piccole masse di feldspato ben distinte, irregolarmente disseminate. Frequente nelle nostre Alpi.

Diorite variolare. — Distingno con questo nome una roccia che consta di una pasta amfibolica, sparsa di noduli di feldspato della grossezza di un pisello o meno, che le sezioni della roccia, o la superficie dei ciottoli, spargono di figure bianche lenticolari. Varietà ben distinta delle nostre Alpi, sparsa nel terreno erratico dipendente dalla Valtellina.

Diabaso. — Roccia finamente granulosa, composta di amfibolo e di labradorite o di oligoclasio in tenue proporzione.

35. Roccie doleritiche. — Questo gruppo conserva in genere i caratteri del precedente; ma il minerale, che si associa al feldspato, è alenno dei pirosseni. Tipo la dolerite.

Ofite. — Pasta diabasica, omogenea, sparsa di cristalli distintissimi di feldspato, a sezioni quadrilaterali, spesso disposte come piccole croci. Talora la pasta è nera, o piuttosto d'un verde assai cupo, e i cristalli sono d'un bel verde di pomo (*prasopiro*, *prasofiro*, *porfido*, *verde antico*); talora invece è verde bigia o nerastra, seminata di cristalli bianchi, o costituisce una delle roccie più distinte, sparsa, in masse poco considerevoli, in Valtellina, o in ciottoli nel terreno erratico che ne dipende. Il porfido verde antico di Grecia rappresenta per Dana il *porfiro orneblendico* o *porfiro diabase*, di cui il citato autore dà l'analisi, dalla quale risulterebbe essere la pasta amfibolica composta di *orneblenda* e di *pirosseno*.

Dolerite. — Tessitura dalla cristallina granulare alla criptocristallina.

Colore grigio-oscuro, bruno-nero, o nero-verdiccio. Consta di labradorite ed augite, spesso con ferro magnetico. Talora ha forma basaltica, ossia colonnare.

Anamesite. — E la varietà di dolerite a grana fina o criptocristallina.

Dolerite porfirica. — È sparsa di cristalli di feldspato, o di augite, o d' ambedue.

Dolerite amigdaloide. — Contiene noduli di zeoliti, clorite, quarzo, calcite. Racchiude molte delle roccie dette *amigdaloidi.*

Lava doleritica. — Non si distingue dalla dolerite che per aver forma di lava, cioè per essere porosissima, o scoriacea.

Basalte. — Ha la natura della dolerite, ma è meno granulare, affetta cioè una struttura assolutamente compatta, ed è sparso di grani di olivina che hanno l' aspetto di vetro verde.

Il basalte è noto per la sua speciale tendenza a fendersi in prismi poligonali, in guisa che sovente le grandi masse basaltiche si presentano sotto forma di magnifici colonnati. Perciò questa struttura, che è presentata sovente da altre roccie, fu detta struttura basaltica.

Basalte porfirico. — Sparso di cristalli di feldspato.

Basalte amigdaloide. — Contiene amigdaloidi e zeoliti. L' *analcimite* non pare sia altro che un basalte amigdaloide, in cui gli amigdali sono di analcimo.

Lava basaltica o *Tefrina.* — È il basalte sotto forma di lava, che può essere pure alla sua volta *porfiroide,* cioè con cristalli di feldspato e di augite.

Peridotite. — Così da taluni si chiama il basalte, quando i grani di peridoto, ossia di olivina, ci son sparsi in gran copia.

Nefelinite. — Roccia vulcanica, cristallina, e che consta di nefelina (feldspato), di augite e di ferro magnetico. La nefelina vi esiste in cristalli distinti. La varietà più grossolana è grigia o biancbiccia; la più fina è cinereo-oscura.

Porfido augitico. — Pasta di basalte, sparsa di pirosseno (augite) nero, unito talora a feldspato biancastro. Si dice anche *porfido nero, o pirossenico* o *trappico,* ed è indicato da moltissimi sotto il nome di *melafiro.*

Augitofiro. — Lava basaltica, a pasta compatta di augite e feldspato, o di augite e leucite; nera, sparsa di cristalli di pirosseno e feldspato.

Eufotide. — L' eufotide si intende essere una roccia composta di feldspato (labradorite) e di diallagio, ad elementi distintissimi, talora in guisa da sembrare un granito a grossi elementi. Ma anche l'eufotide presenta diverse gradazioni e proprietà, per cui distingueremo le varietà seguenti:

Eufotide granitone. — Roccia di labradorite e di diallagio. I cristalli bianco-rossastri dell'uno e verde bruno dell'altro sono nella roccia tipica assai voluminosi, e di bellissimo effetto.

Eufotide feldspatica. — Assai compatta, verdiccia o grigia: risulta di una pasta di feldspato granulare, finissimo, disseminata di diallagio o di smaragdite.

Eufotide epidotica o *Eglogite.* — Roccia assai compatta, bianchiccia, verdiccia o rossigna. L'eglogite d'Europa contiene smaragdite verde in una pasta di granato rosso. L'eglogite del Canadà invece è di una pasta per lo più feldspatica, contenente orneblenda o pirosseno

Variolite. — È una eufotide compatta, di colore verde-cupo, sparsa di globuli verdi e meno scuri della pasta, sporgenti alla superficie della roccia.

Ofitone. — Feldspato e pirosseno ad elementi distinti.

Afanite. — Composta come la precedente, ma a grana finissima ed apparentemente omogenea.

Ipperite. — Ha la struttura del granito; ma è composta di labradorite e di iperstene.

36. Roccie anfigeniche. — È scarso il numero dei nomi finora destinati ad esprimere le roccie caratterizzate dal predominio, o almeno dall'abbondanza, dell'anfigene (leucite), il quale sembra sostituirsi al feldspato, e con questo è anzi da molti annoverato. Io credo tuttavia che le roccie anfigeniche debbano formare una famiglia distinta, e meritevole di studio, specialmente per noi. L'anfigene, sparso in copia strabocchevole, caratterizza le roccie vulcaniche dell'Italia centrale e meridionale, cominciando dagli stupendi gruppi vulcanici della Romagna (lago di Bolsena, colli Cimini, lago di Bracciano, colli Laziali, ecc.) passando a Rocca Monfina, quindi al Somma ed al Vesuvio attuale. Le scarsità dei nomi e delle analisi delle roccie anfigeniche, accenna, più che ad altro, al difetto di studî relativi ai nostri vulcani spenti.

Leucitofiro. — Roccia granulosa, cellulosa, grigio-scura, composta di augite e leucite, con disseminato il ferro magnetico in gran copia. Distinguo le seguenti varietà.

Lava leucitica o *leucilite.* — Pasta come sopra, d'aspetto omogeneo, cioè non seminata di cristalli in guisa da presentare un aspetto porfirico. Sono tali molte lave del Vesuvio.

Leucitofiro propriamente detto. — L'anfigene vi è sparso in cristalli, o grani, assai visibili, in guisa che rende il vero aspetto di un porfido. Questa varietà è caratteristica del gruppo vulcanico del lago di Bolsena.

Leucitofiro basaltico. — Stabilisco questa varietà, per indicare i magnifici gruppi di colonne basaltiche generalmente esagonali o pentagonali,

che hanno un ampio sviluppo tra Bolsena e Montefiascone. Talora i grani di leucite non sono evidenti, o riesce una roccia omogenea, sonora, nera, una *leucilite basaltica*. Talora invece sono visibilissimi, come nel vero leucitofiro.

Leucitofiro porfiroide. — La leucite è sparsa in cristalli trapezoidali, talora d'una grossezza enorme, e spesso in tal copia da prevalere sulla pasta. Tale varietà, sviluppatissima a Rocca Monfina, al Somma, ecc., è eminentemente caratteristica dei colli Cimini, o meglio del gran cratere del lago di Vico, che ne è quasi letteralmente composto.

87. Roccie serpentinose. — Questo gruppo comprende i così detti serpentini, i quali ordinariamente si ritengono come *roccie semplici*, cioè costituite dal solo minerale di questo nome, come i calcari constano di carbonato di calce. Ma non è punto così. Anche i serpentini vanno classificati fra le roccie cristalline. Benchè presentino talvolta, come le obsidiane o le petroselci, una pasta omogenea, più spesso si mostrano anch'esse come roccie cristalline, anzi porfiroidi. Diverse varietà di serpentini delle Alpi, e specialmente della Valtellina, sono sparse di sferule, o cristalli indistinti, che io credo di natura affatto differente dal serpentino, e danno alla roccia un aspetto porfiroide. Il serpentino del Covigliajo, fra Bologna e Firenze, è una massa granulosa, e consta di elementi cristallini granulosi. Abbondano poi nelle Alpi di Piemonte, p. es., a Oulz, e nell'Apennino, a Pietra Corva nel Piacentino, o nelle vicinanze di Levanto, i serpentini con bronzite, a struttura porfiroide la più decisa, talora varî impasti di cristalli. Ne vidi a Levanto una varietà che poteva, per la sua struttura a grossi cristalli, paragonarsi alla trachite eminentemente porfiroide del Drachenfels.

Serpentini. — Pasta di serpentino, disseminata di cristalli di varia natura. Lo studio dei soli serpentini d'Italia sarebbe argomento di una grossa monografia, che dovrebbe darci sicuramente una lunga lista di specie e di varietà.

Gabbro. — Insisto a che si chiami *gabbro* unicamente il serpentino seminato di cristalli di diallagio. Credo che al gabbro debbansi riferire la massima parte delle così dette serpentine degli Apennini.

Dunite. — Questa roccia, scoperta da Hochstetter nelle montagne del Dun (Nuova Zelanda), consta di peridoto granuloso, con grani di ferro cromato. Dopo le esperienze di Daubrée, che vide il serpentino fuso convertirsi, raffreddandosi, in una massa cristallina di peridoto e di enstatite, mi sarà permesso di riunire nello stesso gruppo coi serpentini questa e la seguente roccia.

Lherzolite. — Roccia de' Pirenei, la quale, come roccia tipica, consta

di una miscela di peridoto, di pirosseno, e di enstatite; ma offre una varietà serpentinosa.

38. Detriti e conglomerati vulcanici. — Le ceneri, le sabbie, i lapilli, le pietre eruttate dai vulcani, e formanti, per sovrapposizione, masse rocciose di spessore e di estensione imponenti, non sono che frammenti, o strappi, delle diverse lave già classificate tra le roccie cristalline. Salvo la forma detritica, quelle masse rocciose hanno i caratteri delle roccie cristalline, ossia delle lave, da cui provengono rispettivamente ciascuna. Lo stesso dicasi delle masse rocciose di tutte le epoche geologiche, le quali, pel complesso de' caratteri, si rivelano ugualmente come detriti vulcanici, derivanti da lave d'altri tempi, già pure, come vedremo, descritte tra le roccie cristalline. Sarà studio del geologo di verificare, nel caso pratico, a quale, fra le roccie cristalline, andrebbe aggiunto, a mo' di appendice, il tale o tal altro detrito. Per non ingenerare confusioni, non faremo che costituire per ora un gruppo a parte di tali roccie, indicandone alcune specie e le varietà più note.

Tufa. — Il nome di *tufo* o di *tufa* è usato nei distretti eminentemente vulcanici della Romagna o del Napoletano, per indicare la roccia quasi pastosa, composta di frammenti di lapilli, di scorie, di grani d'anfigene, in fine di detrito vulcanico, che forma tutta la così detta Campagna di Roma, e gran parte dell' Italia meridionale. La stessa roccia, benchè con varietà di componenti, si trova naturalmente negli altri distretti vulcanici. I geognosti hanno dato alla roccia, o meglio alle roccie indicate, indifferentemente il nome di *tufe* e di *tufi;* ma parmi più proprio serbar quest' ultimo ai soli *tufi calcarei*, prodotti d'incrostazione, indicando col femminile le roccie vulcaniche descritte.

Peperino. — Col nome di *peperini* distinguonsi in Romagna dalle tufe certi conglomerati vulcanici, che si scavano come pietra di costruzione e di ornamento.

Dall' esame che io feci di diverse cave mi risulta che non esiste nessuna essenziale differenza tra le tufe e i peperini, salvo che questi ultimi constano di elementi più lapidei, più cristallini, meno scoriacei, più voluminosi, e talora voluminosissimi, e costituiscono quindi una roccia brecciata, più compatta, più dura. Enorme sviluppo hanno, p. es., i peperini ne' dintorni del lago Albano, ove contengono, oltre alle roccie vulcaniche, frammenti voluminosi, quasi rupi, di calcare saccaroide.

Pozzolana. — Le famose terre pozzolane che si scavano nella Romagna, ed hanno tanto valore come cemento o intonaco idraulico, non sono che sabbie o ceneri vulcaniche, o meglio scorie vulcaniche, ferruginose, in decomposizione. Possono quindi anche annoverarsi tra le sabbie.

Vacca. — È una roccia terrosa, composta di basalte terroso, semicompatto. È, secondo Dana, del genere delle tufe.

Arcose (*Arkose*). — I Francesi segnalano con questo nome una roccia, sviluppata ne' Vosgi, che si direbbe un granito ricomposto, o, come fu detto infatti, *granito rigenerato*. Consta degli elementi del granito, e sarebbe infine un aggregato di grani di quarzo e di cristalli di feldspato (ortose) rilegati da cemento argilloso. Non sarei lontano dal credere, che anche questa roccia non sia un giorno riconoscinta come detrito vulcanico, del genere delle tufe.

Metassite. — È un'arcose, ove il feldspato trovasi allo stato di caolino.

IV. Classe delle roccie cristalloidi.

39. Roccie cristalloidi semplici. — Constano di un solo minerale di aspetto cristallino, ovvero di una pasta omogenea, a elementi indistinti.

Calcare saccaroide. — I calcari saccaroidi sono i così detti marmi di Paros, di Carrara, il Pentelico, l'Imezio, ecc. Questi calcari, d'ordinario assai puri, sono detti saccaroidi, perchè la loro struttura semicristallina e la frattura granulosa, li fa assomigliare allo zucchero. Talora però la struttura ne è distintamente lamellosa. Il più atto alla statuaria ed alla scultura ornamentale è però quello a struttura granulosa, fina, compatta, veramente zuccherina. Il famoso marmo statuario di Carrara può considerarsi come tipo di tale importante varietà, la quale si suddivide in sotto varietà, che hanno la loro speciale importanza in linea commerciale. A Carrara si distinguono infatti la prima qualità (il vero marmo statuario bianchissimo) che si paga 1200 lire al metro cubo; la seconda qualità (venato e meno consistente), che costa da 600 a 300 lire; la terza qualità, che si vende in lastre, al prezzo di 300 a 200 lire. I calcari saccaroidi sono abbondantissimi nelle Alpi, ove sono associati alle roccie cristalloidi composte. Talora a quei calcari saccaroidi si associano o il mica o il talco in pagliuzze, sicchè riescono zonati, con tinte cerulee o cineree. Costituiscono allora i così detti *cipollini*.

Dolomia saccaroide. — Nelle Alpi abbiamo abbastanza sviluppati dei calcari molto magnesiaci, cioè delle dolomie bianchissime, con tutti i caratteri dei calcari saccaroidi. La dolomia saccaroide del san Gottardo è riccamente sparsa di minerali diversi, e associata alle roccie cristalloidi composte.

Quarzite. — Roccia durissima, ordinariamente bianca, composta di soli grani di quarzo, con cemento pure quarzoso. Impropriamente si confonde col *quarzo amorfo*, o cogli *schisti quarzosi* o *quarzoschisti*, da cui invero

non è sempre facile distingnerla. Ma il qnarzo amorfo è più puro, più vitreo, e costituisce delle vene e dei filoni; mentre le quarziti si trovano iu grandi masse stratificate. Quanto ai *quarzoschisti* la natura schistosa, e l'associazione col talco e col mica che li avvicina ai micaschisti e ai talcoschisti, bastano a distingnerli dalla quarzite. Le quarziti sono talora molto impure, e sparso di minerali diversi.

Steatite e Talco schistoso. — La steatite è una roccia di talco massiccia, o schistosa, o finamente granulosa, grigia o verdiccia, ecc. Spesso contiene tormaline, dolomia, magnetite, ecc.

Talco schistoso. — Non è altro che la *steatite* a struttura eminentemente schistosa.

Pietre ollari. — Comprendo per ora sotto questo nome generico quelle roccie magnesiache, talora schistose, talora compatte, conosciutissime nelle Alpi sotto il nome di *pietre ollari*, o che dai mineralogisti vennero classate ora colle serpentine, ora colle steatiti, o dette semplicemente *schisti talcosi*, *steaschisti*, ecc. Sono variatissime del resto nella loro composizioue, miste talora di talco, mica, asbesto, ecc. Alcune di esse mostrano all'occhio qnalche cosa di finamente granuloso. Tale è, per esempio, la famosa *pietra ollare* o *pietra da laveggi* di Val-Malenco. Altre, specialmente d'indole schistosa, si assomigliano troppo ai veri talcoschisti.

Schisto cloritico. — Composto di pura clorite in pigliette. Dovrebbe forse venir compreso nelle roccie aggregate.

40. Roccie cristalloidi composte. — Constano di più minerali, di aspetto cristallino, distinti.

Micaschisto. — Roccia essenzialmente composta di qnarzo e mica. Il mica vi è abbondantissimo. Il micaschisto è tipo della struttnra schistosa. Il feldspato, quando vi esiste, non vi figura che come accessorio. Così, come accessori, vi abbondano sovente il granato, la staurotide e la tormalina, come ne fanno fede i micaschisti della parte settentrionale del lago di Como. Si possono inoltre citare le varietà seguenti:

Micaschisto grafitico. — Contiene grafite.

Micaschisto talcoso. — Unisce al mica il talco.

Micaschisto orneblendico. — Con cristalli di ornehlenda.

Itacolumite o grès flessibile. — È una roccia schistosa, composta di qnarzo granuloso, mica e talco. Si trova in America associata agli schisti talcosi. È famosa per la sua flessibilità, proprietà di cui gode eminentemente, ma non esclusivamente, essendo tutte le roccie schistose, p. es. i nostri gneiss, sensibilmente flessibili ed elastici. Nella itacolumite il mica e il talco, flessibili per sè, impigliano il quarzo in una specie di intreccio squamoso, paragonabile ad una maglia di acciajo o meglio ad nn feltro.

Ecco, io credo, l'unica ragione della sua flessibilità singolarissima, paragonabile a quella di un tessuto grossolano di peli.

Talcoschisto. — È un micaschisto, ove al mica si sostituisce il talco.

Quarzoschisto. — È ancora una roccia composta di quarzo schistoso, a cui si associano o il mica, come nel *micaschisto*, o il talco, come nel *talcoschisto*. Ma i detti minerali vi figurano quasi come accessori. Osservai, p. es., nella zona potentissima de' talcoschisti sul Lukmanier, compresi, ad intervalli, banchi potenti di quarzo schistoso, i cui sottilissimi strati erano coperti quasi da una vernice di talco.

Schisto amfibolico. — Si ripeta a un dipresso ciò che si è detto del micaschisto, salvo la differenza mineralogica. Meriterebbero un nome speciale i bellissimi schisti amfibolici del San Gottardo, ove l' amfibolo si contiene in grossi fasci radianti da un centro. Propongo di distinguerlo come varietà col nome di *schisto amfibolico fasciculare*.

Schisto speculare. — Ha i caratteri del micaschisto; ma il mica è sostituito da ferro speculare, micaceo o lamellare.

Argillite e schisto argilloso e schisto tegulare. — Il micaschisto passa gradatamente a schisti, ove la cristallizzazione non è più distinta, nè il mica apparente. Talora però il mica appare ancora in tenue quantità, e gli strati hanno una superficie micacea. I colori degli schisti tegulari sono gradazioni di rosso, ceruleo o nero.

Gli *schisti tegulari*, ossia le *ardesie*, sono da taluni ritenuti come talcosi in luogo di micacei. Siccome il mica è il talco, il micaschisto e il talcoschisto si sostituiscono a vicenda colla massima indifferenza, presentando le identiche accidentalità e mantenendo la stessa rappresentanza nella formazione delle roccie o dei terreni; così non è da meravigliarsi che le ardesie siano ora micacee, ora talcose. L'analisi potrà solo talvolta decidere.

Cloritoschisto. — Schisto verde-bruno di clorite o quarzo, talora con talco.

Ofiolite (marmo verde-antico). — Le ofioliti stanno tra le roccie più problematiche. La mistura del serpentino coi minerali calcarei è tale, che non saprebbesi se queste roccie debbansi collocare piuttosto tra le cristalloidi che tra le aggregate Si distinguono le seguenti specie o varietà.

Ofiolite calcarea, Oficalce. — Il serpentino è misto al carbonato di calce. (Impruneta, Monti Livornesi, Apennino Bolognese, ecc.).

Ofiolite dolomitica. — Mistura di serpentino e di dolomia.

Ofiolite magnesitica. — Mistura di serpentino e di magnesite.

Ofiolite ranocchiaja. — Si dà nome di ranocchiaja in Toscana ad una ofiolite injettata di sottili vene di eufotide (Colli di Prato, dell' Impruneta, di Montecastelli, ecc. in Toscana).

CAPITOLO III.

DELLE FORMAZIONI IN GENERALE.

41. Conoscere l'origine delle roccie, che compongono fondamentalmente la massa del globo, è conoscere l'origine del globo stesso, in quanto ha pure di fondamentale. A penetrare il segreto della genesi di quei grandi membri di cui risulta il gran corpo del globo che abitiamo, ci serviranno i diversi caratteri di composizione mineralogica e di struttura delle roccie, studiati nel precedente capitolo. Ma non basta conoscere dei frantumi di roccia, quali ci si presentano ordinati in un gabinetto. Fa d'uopo uscire all'aperto, guardare le roccie in posto, e cercarne l'origine, non solo nella composizione e nella struttura che esse presentano, prese singolarmente, ma anche nel giacimento, nella forma, nell'associazione delle grandi masse, che esse compongono. Ogni più piccolo accidente, presentato da quelle grandi masse, può rivelarci una parte di quella storia, che è oggetto della scienza da noi professata.

42. Ci arrestiamo per ora al gran fatto, già accennato nel capitolo primo, che le grandi masse costituenti essenzialmente l'ossatura del globo, cioè le *formazioni*, [1] si presentano sotto due forme distintissime. Quelle grandi masse o sono *stratificate*, o sono *massiccie:* le roccie, che le compongono o sono cioè disposte a piani paralleli, in lamine o tavole sovrapposte, o non presentano che la forma di un ammasso unico, indiviso. Per ben fissare queste due forme, sotto le quali si presentano le grandi masse roc-

[1] Il nome di *formazione* esprime, nel senso de' geologi, un concetto assai più composto, assai più generale, di quello a cui noi vogliamo limitarlo al presente. Vedremo infatti come, a stabilire la formazione geologica, concorrano, più che i mineralogici, i caratteri paleontologici; come il concetto di formazione geologica implichi quello di contemporaneità di certe roccie, benchè fra loro mineralogicamente distinte, quello di un'epoca determinata del globo, e così via discorrendo. Nel senso litologico invece la formazione esprime soltanto una certa massa di roccie, insieme associate, sotto identica forma, aventi caratteri mineralogici approssimativamente identici. Anche prescindendo da qualunque rapporto geologico, io potrò favellare della *formazione granitica* del Monte Bianco, *porfirica* del lago di Lugano, *dolomitica* delle prealpi, *gessosa* della Tarantasia, ecc.

ciose, consideriamolo in confronto l'una dell'altra. Voi attraversate, supponiamo, l'Apennino, sulla via da Bologna a Firenze, passando per Filigare. Incontrate dapprima una serie di colline argillose, quindi dei sabbioni concreti, poi dei grès, delle marne, ecc. Ma quelle argille, quei grès, ecc., hanno tutti un carattere commune; quello di essere disposti a strati, cioè letto sopra letto, quasi un numero infinito di immense tavole di vario spessore, sovrapposte l'una all'altra, poi raddrizzate, contorte: voi attraversate un terreno a strati, una formazione stratificata. Giunti però al Covigliajo, vi si para innanzi una montagna irta, ignuda che, staccandosi affatto dalle monotone forme dei colli subapennini, richiama le forme bizzarre, ardite, delle vette alpine. Quella montagna è una gran massa di serpentino, o meglio, se ben mi appongo, di gabbro (§ 37). Se la esaminate davvicino, vedrete come la formazione stratificata la cinga dattorno, le si addossi all'ingiro quasi mantello; ma a' suoi limiti non più scorgonsi nè regolari suture, nè forma tabulare, infine nessuna stratificazione: più non si scerne parte da parte, ma si rileva un ammasso, uno ed informe, quasi gigantesco macigno d'un sol getto. Eccovi un esempio di formazione massiccia che vedrete le mille volte ripetersi, su scala ben più gigantesca, nei porfidi delle Prealpi, nei serpentini, nelle dioriti, nei graniti delle Alpi. Tutte le masse rocciose del globo presentano sempre, benchè talora più o meno determinatamente, o l'una o l'altra di queste due forme che noi chiamammo primarie ed essenziali.

43. Ma un altro importante distintivo si rivela a un'analisi più addentrata. Alcune di quelle formazioni sono distinte dalla presenza, talora dalla estrema abbondanza, di reliquie organiche: contengono, cioè, in gran copia scheletri di mammiferi, di rettili, di pesci; gusci innumerevoli di crostacei, di molluschi, di echinodermi; polipai, briozoi, foraminiferi in tal copia, che talvolta la roccia n'è tutta un impasto. Altre formazioni invece non mostrano traccia di esseri organici. Se ci facciamo ad osservare quali siano le formazioni fossilifere, e quali quelle che nol sono, presto ci accorgiamo che fossilifere sono le formazioni stratificate, non fossilifere le massiccie. Le roccie stratificate sono anche roccie fossilifere; le roccie non stratificate sono anche roccie non fossilifere. Le formazioni si possono dunque già dividere in due grandi sezioni:

I. Formazioni stratificate fossilifere;

II. Formazioni massiccie non fossilifere.

44. Se osserviamo ora quali delle roccie, distribuite nelle quattro categorie stabilite nel capitolo precedente, compongano le formazioni or ora distinte in due sezioni, troviamo, che le formazioni della sezione prima, cioè le *formazioni stratificate fossilifere*, constano di roccie appartenenti

alle due prime categorie, cioè di *roccie semplici* o di *roccie aggregate*. Le formazioni della seconda sezione constano di *roccie cristalline*.

45. Ove rimangono dunque le *roccie cristalloidi?* Richiamando quali ne siano i distintivi, troviamo che le formazioni cristalloidi potrebbero, per alcuni caratteri collocarsi nella prima sezione, per altri nella seconda. Le roccie cristalloidi in fatti sono, più o meno decisamente, stratificate; ma non sono, in genere, fossilifere. Noi ci accorgiamo già, come le formazioni cristalloidi debbano formare una terza sezione, o piuttosto una specie di categoria neutra fra le due stabilite; possiamo già prevedere come non verremo a capo di fissare la genesi di queste roccie, se non avremo prima penetrata quella delle altre formazioni, di cui le roccie cristalloidi costituiscono quasi una specie di ibrido. Premetteremo dunque lo studio delle due sezioni, le quali si presentano con caratteri così composti e decisi, aspettando che per questa via si faccia la luce anche su quelle formazioni, cui l'associazione dei caratteri che servono a distinguere le altre, rende a prima giunta così problematiche.

Quale è dunque l'origine delle *formazioni stratificate fossilifere*, quale l'origine delle *formazioni massiccie non fossilifere?*

46. Non dobbiamo che ricorrere all'applicazione di un principio resoci ormai famigliare: « ad identici effetti corrispondono identiche cause ». Queste cause non possono essere che o esogene o endogene, secondo la categoria delle forze per noi stabilita.[1] Noi abbiam veduto del pari, come tali forze operano, o, quel che è più, come l'effetto è spesse volte appunto la formazione di una roccia. Di roccie, di masse rocciose, di vere formazioni ne abbiamo veduto formarsi sotto i nostri occhi assai. Alla creazione delle roccie e delle formazioni abbiamo veduto concorrere, con instancabile attività, le sorgenti incrostanti, le correnti, il mare, l'azione combinata del mare e dei venti, le forze biologiche, cioè gli animali e le piante, i ghiacciai terrestri e marini, finalmente, in un modo affatto diverso da quello delle forze citate, i vulcani. Si può dire che tutti gli agenti tellurici, da noi studiati nella *Dinamica terrestre*, tutti vi si mostrarono intenti al faticoso lavoro di ergere le immense moli rocciose, o strappandone gli elementi dalle superficie continentali, o andando a cercarli nel seno stesso della terra. Se così avviene al presente, perchè ciò non sarebbe avvenuto in passato sotto l'influsso delle stesse leggi? Perchè le roccie e le formazioni, che durano da tanti secoli, non si sarebbero formate allo stesso modo di quelle che noi vediamo in oggi formarsi? Ammesso questo, la genesi delle roccie deve essere un problema di facilissima

[1] *Introduzione*, vol. I, pag. 13.

soluzione. Se poi abbiamo veduto formarsi delle roccie, abbiamo studiato in pari tempo gli accidenti di loro formazione. Tali accidenti possono noverarsi a mille a mille, e corrispondono a mille o mille modi diversi di operare delle diverse cause, secondo le diverse circostanze. Tali numerosissimi accidenti si risolvono in altrettante caratteristiche delle formazioni, od ora in altrettanti dati per risolvere il problema della genesi delle roccie. Se una roccia od una formazione, in cui ci imbattiamo a caso per via, ha l'identica struttura, o tutti gli identici caratteri di un'altra che vedemmo formarsi sotto l'impero di un dato agente; identica, a non dubitarne, ne sarà pure l'origine. Trovo, p. es., una roccia stratificata, composta di ciottoli arrotondati, legati da un cemento calcareo, ricca di conchiglie marine, infine una puddinga fossilifera? non dovrò dire che qui si tratta di un fondo marino, formato nella regione di un gran confluente, cementato da acque incrostanti, infine di un sedimento identico, o pressochè identico, per natura ed origine, a quello che è in attualità di formazione alle foci del Rodano?

In base a questi principî eccoci da prima a cercare l'origine delle formazioni sedimentari, constino esse piuttosto di roccie semplici che di roccie aggregate.

CAPITOLO IV.

ORIGINE DELLE FORMAZIONI CALCAREE.

47. Le formazioni stratificate, fossilifere, constano dapprima di roccie semplici: voglio dire che le roccie calcaree, saline, combustibili e ferrifere si mostrano in grandi masse divise a strati, e più o meno ricche di reliquie organiche. Di queste dunque dapprima saremmo qui a cercare l'origine. Volendo tuttavia tenerci per ora a quanto vi ha di più essenziale, ci accorgiamo ben tosto che le roccie saline, le combustibili e le ferrifere, si presentano come molto accidentali in confronto delle roccie costituenti le grandi formazioni stratificate. Soltanto le roccie calcaree sono quelle, fra le semplici, che costituiscono degli ammassi meritevoli del nome di *formazioni*, e di venire annoverate tra gli essenziali costitutivi della massa solida del globo. Delle altre roccie semplici, le quali si presentano come accidenti delle grandi formazioni stratificate, cercheremo l'origine, quando tratteremo più in grande delle formazioni geologiche. Delle sole *formazioni calcaree* trattiamo dunque ora espressamente.

48. Montagne, catene di montagne, intere regioni, constano di strati di carbonato di calce, o di doppio carbonato di calce o di magnesia, o, assai più scarsamente, di solfato di calce. Talora nella stessa montagna le roccie calcaree si presentano con mille varietà: talora la stessa varietà costituisce una intera catena. Sempre e poi sempre però le formazioni calcaree presentano un qualche cosa di sostanzialmente uno nella forma o nelle reliquie organiche di cui sono in genere abbondantissime; sicchè appare a prima vista, che una sia essenzialmente la loro origine, salvo il cercare in cause diverse la ragione dei diversi accidenti che distinguono e caratterizzano le diverse masse.

49. La natura attuale produce essa degli ammassi calcarei stratificati, fossiliferi, sostanzialmente identici a quelli, di cui consta per sì gran parte l'ossatura del globo? La dinamica terrestre risponde affermativamente. Noi abbiamo veduto prodursi, quasi sotto i nostri occhi, tanto sulla superficie dei continenti, come sul fondo dei mari, delle formazioni calca-

ree, stratificate, fossilifere, e così potenti di massa e d'estensione, che siam tentati di dire in questo caso: il presente vince il passato.

Richiamando quanto abbiamo esposto nel primo volume di quest'opera, [1] noi troviamo che sono due i principali agenti, il cui lavoro si traduce nella formazione di potenti masse calcaree: le acque incrostanti e gli animali secretori, specialmente i coralli.

50. Le acque filtranti attraverso la crosta del globo, o sorgenti da ignote profondità, producono delle stalattiti, degli alabastri e altre masse ben più imponenti, cioè i tufi calcarei, i travertini, in seno ai laghi i grandi banchi pisolitici, e sui fondi littorali del mare le panchine. [2] Le masse travertinose principalmente, e le pisolitiche, rispondono assai bene a prima giunta, per la mole e per la forma, alle antiche formazioni calcaree, com' esse presentandosi composte di strati sovrapposti e contenenti reliquie organiche.

51. Se tuttavia esigiamo maggior finezza di confronti, riesce difficile identificare, quanto all'origine, le grandi formazioni calcaree antiche, con quelle che si producono attualmente dalle acque incrostanti sulla superficie de' continenti, o in seno alle acque dolci. Vi sono realmente dei travertini antichi, o dei calcari evidentemente deposti in seno alle acque dolci. Ma per essere distinti come tali non basterà che siano stratificati e fossiliferi in genere: bisognerà anche che siano caratterizzati, se vogliansi calcari terrestri, dalla struttura concrezionale, che distingue in genere tali formazioni, e specialmente poi dai fossili, che dovranno appartenere ad animali e piante terrestri. Se vogliansi invece calcari d'acqua dolce, bisognerà che siano ugualmente caratterizzati dalla struttura concrezionale, specialmente dalla pisolitica, più dalla miscela di fossili terrestri con fossili d'acqua dolce. Venendo alla specialità delle diverse formazioni, troveremo infatti come i geologi siano giunti, mediante i caratteri indicati, a distinguere diverse masse calcaree, d'origine terrestre o lacustre, deposte cioè dalle acque incrostanti sulla superficie delle antiche terre, o meglio sul fondo degli antichi laghi. [3] Ma, fatta la somma di tutti i depositi aventi una tale origine, si trova non rappresentare essa che una frazione ben minima delle formazioni calcaree, le quali offrono

---

[1] La formazione delle roccie calcaree attuali forma specialmente il soggetto del Cap. X della Parte prima e del Cap. IV della Parte seconda della *Dinamica terrestre*.

[2] *Dinamica terrestre*, § 564-575.

[3] Io non so che siasi scoperto mai un travertino, formatosi sulle antiche terre, p. es., nell'epoca cretacea, come si scoprirono le piante o le foreste che le antiche terre ombreggiavano. Si scopersero invece molti e potenti depositi di calcari, formati a modo delle panchine littorali, o degli strati pisolitici nei laghi del Messico, in seno alle acque dolci.

così enorme sviluppo in tutti i terreni, contando dai più antichi ai più recenti. La massima parte di quelle masse calcaree conosciute contiene delle reliquie marine, anzi spesso ne rigurgita, e talvolta n'è interamente composta. I calcari adunque, per la massima parte, non possono essersi formati nè sulla superficie delle antiche terre, nè sul fondo degli antichi laghi: essi debbono essere sottomarini. Or bene si formano attualmente calcari sottomarini?

52. Calcari sottomarini si formano certamente, per quella stessa via per cui vediamo formarsene masse così enormi sulle superfici continentali. Le acque delle sorgenti e dei fiumi, giungendo al mare ancora provviste di sali calcarei, là continuano a spogliarsene. La legge, per cui le acque dolci si distendono, galleggiando, sulle salse, e presentano quindi una superficie di evaporizzazione infinitamente maggiore, agevola il processo della deposizione calcare sui littorali marini. La panchina di Livorno non è che un gran deposito calcareo, ricco di organismi marini, cioè un travertino, già depostosi sotto le acque salse di quel littorale, e ora messo a nudo da un legger moderno sollevamento. Tali travertini sottomarini sono communi lungo i littorali mediterranei. Nel golfo del Messico e sulle coste della Giammaica formansi attualmente, per la stessa via, depositi pisolitici. Ma le grandi masse calcaree, costituenti sì gran parte della crosta del globo, non rispondono, in genere, nè punto nè poco all'ideale di un travertino, di un deposito originato da acque incrostanti. Non vi si ravvisano nè la porosità, nè la struttura concrezionale, i caratteri insomma di un deposito di sedimentazione chimica. Quei calcari poi accennano ordinariamente a mari liberi e profondi, mentre io credo che il deposito delle sorgenti incrostanti non possa considerarsi altrimenti possibile, che come assolutamente e strettamente littorale.

53. Io non credo in fatti che una sorgente incrostante possa aver luogo, o almeno produrre un deposito, salvo che alla superficie terrestre, o a una profondità sottomarina assai mediocre. Non credo, dico, che possano esistere sorgenti sottomarine appena profonde. Una sorgente infatti non può sgorgare dal fondo del mare, se non a patto di vincere la pressione dell'acqua salsa sovrincombente. Venti o trenta metri di profondità danno già a quella pressione un tale valore, che non saprei quale delle sorgenti a noi note potrebbe vincerla. Sono note molte sorgenti sottomarine lungo i littorali; ma nelle profondità oceaniche nessuna.[1] Si dirà forse che l'acqua dolce, essendo più

[1] Il signor Marsigli, citato da Reclus (*La terre*, I. 245), parla di una sorgente di Cannes scoperta a 162 m. di profondità sottomarina; di una seconda, di San Remo, profonda 291 m.; e di una terza al Capo di San Martino, tra Monaco e Mentone, profonda 700 m. Avendo osservato io stesso come la celebre polla di Cadimare (sorgente nel golfo della Spezia) posta

leggiera della salsa, dovrà levarsi in alto, cioè sgorgare, qualunque sia la sottomarina profondità. Sì, ma sempre a patto di spostare la colonna acquea sovrincombente, di vincerne la pressione e la coesione. L'aria, benchè leggerissima, non può ascendere attraverso un liquido appena denso, e vi rimane imprigionata. Se vuolsi un esempio che quadri ancor meglio al caso, ricorderò i pozzi di petrolio. Se il pozzo, come d'ordinario avviene, si riempie d'acqua, l'efflusso del petrolio dalle interne fessure rimane assolutamente impedito, benchè il petrolio galleggi benissimo sull'acqua. Bisogna colle trombe estrarre l'acqua dai pozzi, perchè il petrolio vi fluisca liberamente.

54. Ammettiamo tuttavia che una sorgente incrostante possa sgorgare da qualunque profondità sottomarina. Potrà essa ugualmente deporre il calcare sul fondo del mare? Abbiamo veduto come le acque perdano la facoltà solvente, e divengano incrostanti 1.° per la perdita del solvente (generalmente del gas acido carbonico, che se ne sprigiona); 2.° per l'evaporazione. Lo sprigionamento del gas e l'evaporazione non possono verificarsi che alla superficie delle acque: non può dunque una sorgente divenire incrostante a una profondità sottomarina appena riguardevole. — Ebbene, lo diverrà alla superficie, e il calcare rimasto libero discenderà a formare un deposito sul fondo del mare. — Nego anche codesto. Anzi tutto l'acqua dolce, ascendendo, si mescola colla salsa, sicchè il calcare, se la profondità è appena considerevole, deve trovarsi tanto diluito, che un deposito diviene impossibile. La polla di Cadimare, la quale sgorga alla profondità di pochi metri, riesce alla superficie tanto salata, che appena appena il gusto può distinguerla dall'acqua marina che la circonda. Anche nel caso che il calcare rimanesse libero alla superficie del mare, le molecole, scendendo, andrebbero, per così esprimermi, smarrite nelle immensità dell'oceano, impossibilitate a formare un deposito, appena localizzato. Io sono quindi profondamente convinto, che un deposito sottomarino non possa formarsi per sedimentazione chimica, se non immediatamente lungo i littorali, o sui bassi fondi tranquilli, come abbiamo veduto formarsi le panchine: nei mar liberi e profondi, mai.

55. La dinamica terrestre ci ha però svelato un'altra fonte perenne e copiosa di sedimentazione calcarea sottomarina. Abbiamo veduto come masse enormi di calcari si generino attualmente in seno ai mari per via organica.

---

alla profondità di pochi metri, arrivi alla superficie già insoffribilmente salata, e non vi si riveli che per un ribollimento assai mediocre, per una leggiera intumescenza della superficie del mare, non saprei per quale via si possa giungere a sancire l'esistenza di una sorgente alla profondità di più centinaja di metri. Alla profondità di 200 a 700 m. anche gli scandagli del fondo riescono molto equivoci, quando non siano praticati con tutte le regole dell'arte.

Richiamiamoci quanto abbiam detto circa quel parossismo di vita che agita il fondo dei mari. Ricordiamoci come la maggior parte degli organismi marini sieno eccellenti secretori dei sali calcarei; come a quegli organismi sia affidata tanta parte del grande magistero della economia tellurica; come essi siano destinati a mantenere in seno all'oceano le condizioni della vita, fissando quei sali, il cui eccesso renderebbe le acque inevitabilmente letali; ricordiamoci specialmente dell' enorme sviluppo che in seno ai mari attuali presentano i coralli; ricordiamoci finalmente come i banchi corallini, sorgenti dal fondo dei mari, si possano definire continenti calcarei ancora sommersi. Le grandi masse coralline! ecco quanto principalmente risponde all'ideale delle grandi formazioni calcaree, da cui risulta, per tanta parte, l'ossatura del globo. Si direbbe che per questa parte la dinamica terrestre vince la geologia, offrendo nel presente assai più che non esiga di ragioni il passato.

56. Riandando il cap. X della Parte prima della *Dinamica terrestre*, al quale sono consegnati i particolari dei fatti qui appena accennati, ognuno potrà di leggieri persuadersi, come sia poco ragionevole il cercare al di fuori delle forze biologiche marine l'origine di quelle masse calcaree che vi trovano già una ragione più che sufficiente. Lo stesso capitolo risponde ai quesiti che si potrebbero fare circa la natura e i caratteri differenziali dei singoli depositi: spiega come si formino i calcarei granulosi, sonori, compatti; i calcari oolitici; le sabbie calcaree; i conglomerati calcari, ecc.[1]

57. Se poi ci facciamo ad analizzare praticamente le singole formazioni, i singoli banchi calcarei, ci persuaderemo ancor meglio della loro origine organica, e potremo precisare quali siano gli organismi che hanno contribuito alla formazione di ciascun banco, e in quali condizioni, con quale processo vi abbiano contribuito. Questo è un banco di corallo ancora intatto, che sorse dal fondo di un antico mare a coronare la vetta di una montagna; quello è un banco di ostriche, un ammasso di conchiglie d'ogni genere, un tritume di testacei d'ogni famiglia. E quando l'occhio non vi scorge che un calcare compatto, una roccia amorfa, un tritume indecifrabile, il microscopio vi scoprirà ancora un impasto di organismi, un mondo di foraminifere, un ammasso di escrementi. I calcari madreporici, i calcari a entrochi, le lumachelle, formanti intere montagne, non sono che banchi di corallo, o ammassi di echinodermi, o letti di conchiglie, appena modificati dal tempo e dall' azione dei diversi agenti a cui furono esposti successivamente dall'epoca lontanissima dell'origine loro. I calcari fossiliferi, se non appajono interamente composti di organismi conservati, ne contengono però

[1] *Dinamica terrestre*, Parte prima, § 340.

spesso in tal copia, che risulta evidente avere gli organismi contribuito in gran parte alla loro formazione. Quando poi i fossili scompajono, c'è ancora, come dissi, un mezzo per verificare, se un calcare è d'origine organica. Le osservazioni microscopiche di Sorby[1] ci provano che molti calcari compatti risultano di un tritume di conchiglie e di coralli, ridotti in sabbie finissime. Molti poi, che si presentano sotto l'aspetto di un impasto argilloso, risultano degli stessi elementi in decomposizione. L'argomento sarebbe inesauribile quando volessimo inoltrarci nel campo delle specialità; ma sarà meglio riservarci di trattare almeno le più importanti quando faremo la rassegna delle diverse formazioni che si deposero successivamente in seno agli antichi mari.

58. Conchiudendo, io m'accosto sempre più alla opinione di Dana, il quale si esprime in modo che si direbbe ritenere tutti quanti i calcari di origine organica. Tutti nol sono certamente, poichè le acque incrostanti ne depongono, e ne devono aver sempre deposti. Ma se si ragiona di calcari sottomarini, le acque incrostanti non possono averví preso che una parte molto indifferente; sicchè i calcari di sedimentazione chimica non possono rappresentare nella geologia generale che una eccezione di nessun valore, e nella massa delle formazioni calcaree una frazione trascurabile. Le formazioni calcaree rappresentano altrettante serie di strati marini sovrapposti, successivamente elaborati dagli organismi marini, che popolarono successivamente i mari nei tempi geologici.

[1] *Bull. Soc. Géol*, 1860, pag. 572.

CAPITOLO V.

ORIGINE DELLE ROCCIE AGGREGATE.

59. Le formazioni composte di roccie aggregate, di cui veniam ora a cercare l'origine, sono anch'esse, come le calcaree, stratificate, fossilifere, anzi ricchissime di fossili. Questi caratteri affermano uguali condizioni di origine: anche le formazioni aggregate furono al certo generate in seno alle acque. In quanto tuttavia dette formazioni differiscono dalle calcaree per composizione e struttura litologica, ci necessitano ad assegnar loro, benchè nelle stesse condizioni d'ambiente, fattori diversi.

60. Come una parte della dinamica terrestre, quella cioè che riguarda i fenomeni della ricomposizione chimica, e della sedimentazione animale, ci ha palesata l'origine della maggior parte delle roccie calcaree; un'altra parte della stessa dinamica terrestre ci pone perfettamente in grado di assicurarci dell'origine delle roccie aggregate. Ma questa parte è assai più estesa, e dobbiamo riputarci ben fortunati di aver ora semplicemente bisogno di richiamare l' insieme di quell' immensa serie di fatti, onde risultano le teoriche della degradazione meteorica, delle correnti, del mare, della deltazione, per rendorci conto della serie infinita di fatti risguardanti le *roccie aggregate*, che ci obbligherebbero diversamente a un ben esteso trattato. Qui ci basti di poter ricordare: 1.° che gli elementi delle roccie aggregate sono o staccati dalle masse continentali per effetto della degradazione meteorica [1], o svelti dagli stessi continenti dalla forza erosiva dei fiumi [2] e dei mari [3]; 2.° che gli stessi fiumi e gli stessi mari s' incaricano dapprima di portare delle modificazioni caratteristiche agli elementi, cioè ai frantumi divelti ed esportati, e s' incaricano poi di distribuirli in masse, che hanno pure forma e struttura caratteristica. [4]

---

[1] *Dinamica terrestre*, Parte prima, Cap. V.
[2] *Ib.*, Cap. VI.
[3] *Ib.*, Cap. VII.
[4] *Ib*, Cap. IV-IX.

61. Tutto questo, è vero, riguarda le attuali formazioni, quei depositi immensi cioè, i cui materiali, strappati ai continenti dalla foga delle correnti o dalla violenza del mare, sono poi dal mare stesso elaborati, e distesi a giacere, strato sopra strato, sull'immenso suo letto. Ma le argille, le sabbie, le arenarie, i conglomerati, che, stratificati e pieni di reliquie di animali marini, costituiscono così gran parte delle montagne, sono così uguali, in tutto e per tutto, ai fanghi, alle sabbie, alle arene, alle ghiaje dei mari, che pare superflua ogni parola che si spendesse a provarne l'identità di origine. Parlo soltanto di formazioni marine, perchè lo sono per la gran maggior parte le antiche roccie aggregate: cadono però sotto gli stessi riflessi, mutando debitamente i termini, quelle formazioni aggregate, che dicono antichi laghi ricolmi, antichi piani alluvionali, antichi delta, ecc.

62. A chi confronti le antiche colle attuali formazioni può far specie il vedere, come, in genere, le formazioni aggregate attuali siano incoerenti, coerenti invece le antiche. I littorali mostrano più spesso fanghi, sabbie, ghiaje, composti d'elementi affatto sciolti: nelle montagne invece incontriamo più sovente schisti argillosi, arenarie, puddinghe, i cui componenti aderiscono fra loro per mezzo di un cemento. Ma cessa ogni meraviglia quando si pensi che, ammessa l'identica origine delle formazioni aggregate antiche o moderne, tutte devono essere incoerenti nell'atto che si formano, e tutte possono divenire coerenti, per un processo consecutivo. Trattandosi di un processo posteriore alla formazione (non vogliamo per ora conoscerne la natura), questo sarà tanto più avanzato, quanto più lontano è il momento da cui ebbe principio. Le roccie più antiche saranno perciò in genere più coerenti delle moderne, e tanto più coerenti quanto più antiche.

63. Per spiegarci con un caso pratico, noi conosciamo un processo per cui, sotto i nostri occhi, un ammasso incoerente diviene coerente, per cui un letto di sabbia, p. es., si converte in un banco di grès. Abbiamo già in fatti trattato distesamente[1] del *fenomeno della cementazione* operato dalle acque incrostanti, che filtrano attraverso a un ammasso qualunque di detrito incoerente. Abbiamo veduto quanto sia commune la formazione del *ceppo*, la trasformazione cioè in arenaria o in puddinga delle sabbie o delle ghiaje esposte all'afflusso di acque, che discendono dalle montagne calcaree. La loro trasformazione è dovuta al carbonato di calce che, reso libero, diviene cemento. Allo stesso modo operano, in particolari circostanze, la silice, l'ossido di ferro, e altri minerali disciolti nelle acque

[1] *Dinamica terrestre*, § 577, 578.

filtranti. Trattasi naturalmente di un processo progressivo: e se quel banco di sabbia è oggi per metà convertito in grès, lo sarà internamento, supponiamo, di qui a un secolo. Ciò vuol dire, ripetiamo, che le roccie aggregate saranno in genere tanto più coerenti, quanto più antiche, di qualunque natura sia poi il processo della loro trasformazione.

64. Si accorgerà il lettore com'io schivi, in certo modo, di entrare in questo argomento della trasformazione delle roccie incoerenti in roccie coerenti. La ragione si è, che il fatto, quasi generale per le formazioni antiche, di una tale trasformazione, non può essere sufficientemente apprezzato, finchè non conosceremo un po' meglio le vicende subite da quelle stesse formazioni, le quali contano dalla loro origine tante migliaia di secoli. Prevenendo tuttavia parte di ciò che dovremo dire più tardi, possiamo distinguere tre modi, tre processi diversi, per cui un aggregato incoerente può divenire coerente. La coesione, cioè, dei materiali sciolti fra loro può aver luogo 1.° per semplice adesione; 2.° per cementazione idrotermale; 3.° per mutua cementazione.

65. Le argille ci prestano un esempio del primo modo. È a tutti nota la loro singolare plasticità: essi possono comprimersi, stirarsi, ridursi a qualunque forma, senza che le particelle componenti cessino di aderire fra loro. Le stesse argille, prosciugate, compresse, divengono sempre più dure e coerenti. L'azione di un'alta temperatura basta poi a convertire dei molli impasti in quelle sostanze rocciose, che noi conosciamo sotto il nome di mattone, di terraglia, di porcellana. La natura è troppo ben provvista di tutti quei mezzi che noi adoperiamo per rendere duro e coerente ciò che è molle e incoerente, e deve averli posti in opera per convertire le antiche argille in schisti argillosi, in diaspri, in roccie più o meno somiglianti ai nostri prodotti industriali.

66. Il secondo modo è quello accennato poco sopra. Le acque incrostanti, penetrando nei vacui di un ammasso incoerente, vi depongono un cemento, che lega i sciolti elementi, e può trasformare, p. es., una sabbia in durissimo macigno.

67. Il terzo modo, cioè la mutua cementazione, è quello che esigerebbe nozioni più avanzate per essere ben compreso. Vedremo a suo tempo quale processo di universale metamorfismo è attivato nell'interno del globo dalle acque circolanti. Nessun atomo della terra si sottrae a quell'azione idro-elettrica, che mantiene il globo in uno stato di perenne universale trasformazione. — L'acqua, circolando, dotata di un'attività moltiforme, della quale va debitrice alla elettricità ed all'alta temperatura, che esiste nell'interno del globo, adempie energicamente a tre diverse funzioni. Scioglie ed esporta le sostanze minerali, che incontra sul suo

passaggio; coi minerali stessi crea nuove combinazioni; i minerali sciolti, esportati, combinati, depone nei vacui della massa terrestre. I minerali, così deposti, divongono cemento, che lega i sciolti elementi, e trasforma in roccie durissime gli ammassi più incoerenti. Così i depositi incoerenti possono trovare in sè stessi un cemento, senza bisogno di pigliarlo a prestanza da altri depositi. Basta che il deposito consti di elementi solubili, perchè di incoerente diventi coerente. Una massa di zuccaro in polvere si trasforma in una massa zuccherina compatta soltanto che sia imbevuta di acqua e in seguito prosciugata. Trattando del metamorfismo, vedremo come non ci sia in natura sostanza insolubile purchè sia posta nelle debite condizioni. Vedremo di più come i minerali, che costituiscono più ordinariamente le roccie, figurino (sempre nelle debite condizioni) fra le sostanze più solubili. Per questa legge, ripeto, un ammasso qualunque incoerente può divenire coerente. Senza bisogno di pigliare a prestito un cemento, i frammenti, di cui consta una roccia incoerente, diventano cemento a sè stessi: ha luogo cioè una *mutua cementazione*. Una sabbiia quarzosa diventerà per questa via un grès od una quarzite; una sabbia calcarea diverrà un grès calcareo, ecc.

68. Perchè si compia il processo della mutua cementazione, non sarà nemmeno necessario che tutti gli elementi rocciosi, costituenti un aggregato incoerente, siano solubili in quelle date condizioni. Vi sia anche soltanto fra i costituenti un detrito incoerente una certa porzione di frammenti solubili in date circostanze, o quel detrito si muterà in una breccia, in un conglomerato. Abbiasi, p es., una ghiaja, composta di frammenti di roccie d'ogni specie, tra gli altri di frammenti di roccie calcaree. Se quella ghiaja si trova in tali condizioni, che le acque filtranti possano (fenomeno volgarissimo) sciogliere e depositare il carbonato di calce; quella ghiaja si convertirà in puddinga a cemento calcareo, prestato alla massa dei soli frammenti calcarei. Sono poche le roccie che non contengano una dose maggiore o minore di ferro. Il ferro disciolto, e deposto allo stato di perossido, diviene, in seno alle acque, un ottimo cemento. Sono notissime, sotto il nome di *caranto*, certe masse di puddinga o di arenaria, di colore ferrugiuoso, che si trovano sovente nelle lagune e sui bassi fondi, in seno ai fanghi, alle sabbie più incoerenti. Un pezzetto di ferro, p. es. un chiodo di bastimento, che cada sul fondo, basta a produrre il fenomeno. Il ferro si scioglie, e tutta la massa, fin dove arriva la soluzione ferruginosa, si trasforma in caranto. Mi ricordo d'aver raccolto nella Tarantasia, frammezzo il detrito superficiale, un ciottolo di una specie di marna a tinta ferruginosa, il quale aveva formato un vero caranto, unendo intorno a sè, con tenace cemento, il detrito fra cui giaceva. Ma

ripeto ancora una volta: noi non possiamo approfondire l'argomento, finchè ci rimangono inesplorati certi campi della geologia, in cui non potremo avventurarci che più tardi. Credo però di aver detto quanto basti per rispondere a qualunque obiezione, la quale, dalla maggiore e più generale coerenza degli antichi in confronto coi moderni aggregati, si potesse trarre contro la teorica della identità d'origine che noi sosteniamo.

69. Del resto la perfetta somiglianza di struttura e di forma, il fatto della stratificazione, la presenza dei fossili fluviali, lacustri, marini, tutto ci dice che le argille, le sabbie, gli schisti argillosi, le arenarie, le puddinghe, i conglomerati, costituenti, colla enormità dei loro banchi sovrapposti, le montagne, le catene, le regioni, tanta parte infine della mole terrestre, non sono che antichi sedimenti, antichi fondi di fiumi, di laghi, di mari.

70. Invece di spendere altre parole a dimostrare l'origine sedimentare delle roccie aggregate, facciamoci piuttosto a indagare come si possa precisare, osservando il loro diverso modo di essere, la loro rispettiva origine fluviale piuttosto che lacustre o marina. Potremo così addentrarci sempre più nella storia del globo, e, sui diversi depositi, studiare l'esistenza dei fiumi, dei laghi, dei mari antichi, delinearne i confini, scoprirne l'azione, indovinarne le vicissitudini.

71. La *litologia* confonde insieme le sabbie e le arenarie, le ghiaje e le puddinghe, le argille e gli schisti argillosi, poco importa, che siano d'origine fluviale, piuttosto che lacustre o marina. La litologia infatti, considerando le roccie isolatamente, anzi, dirò, per frantumi, non troverebbe così facilmente il modo per distinguere fra loro roccie che hanno composizione, struttura, tutti i caratteri infine più evidenti perfettamente identici, benchè diversa (nei limiti intesi) ne sia l'origine. La cosa cammina ben diversamente a fronte della *geologia stratigrafica*, che considera, più che le roccie, le *formazioni*. Essa può creare un ordinamento delle roccie secondo la loro origine, o quasi tutte le roccie aggregate vedrebbersi, in questo caso, ripetute in tre serie: *marine*, *lacustri*, *fluviali*. Non dirò che poche parole delle formazioni aggregate d'origine sottomarina. Si riconoscono troppo facilmente dalla presenza di reliquie di animali marini. Basta questo carattere ad assicurarci di questo fatto di capitale importanza — essere di origine sottomarina quasi tutte le *formazioni aggregate*, che costituiscono attualmente l'ossatura delle montagne. — Se noi prescindiamo dalle formazioni superficiali, dai piani alluvionali, dalle spiaggie e dai fondi dei laghi attuali, noi troviamo che gli aggregati a caratteri fluviali o lacustri figurano come una eccezione in mezzo alle masse enormi

di letti marini, che costituiscono per tanta parte la mole dei nostri continenti. In genere le argille, gli strati argillosi, le marne, lo arenarie, le puddinghe, formanti quegli enormi rilievi a strati regolari, di struttura uniforme, d'estensione enorme, ricchissime di spoglio organiche, non rappresentano che antichi littorali marini. Il persuadersene non è cosa che esiga nè ingegno profondo, nè indagini perseveranti: basta osservare con quella attenzione, che esige qualunque osservazione geologica. Se ci abbatteremo del resto in alcuno di quelle formazioni eccezionali, che trassero la loro origine da un fiume o da un lago, non dubitiamo, che ci sia difficile distinguerla da quelle le quali, come generate in seno agli antichi mari, costituiscono la regola. Le formazioni fluviali o lacustri saranno meno regolari, meno uniformi, meno estese. Ma l' assenza di organismi marini e la presenza d' organismi terrestri o d' acqua dolce saranno sempre le note negative o positive, che meglio caratterizzano quelle formazioni. Voglio tuttavia intrattenermi alquanto dello formazioni fluviali, perchè, quantunque eccezionali, cadono sotto riflessi più speciali, e offrono alla geologia i casi più complicati. I caratteri delle formazioni fluviali sono molteplici ed evidentissimi, e basti, per colpirli, il richiamare quanto sulla forma e sulla distribuzione dei detriti fluviali si è detto nella *Dinamica terrestre*. [1]

72. Il primo, che non dovrebbe sfuggire nemmeno alla semplice *litologia*, è offerto dai depositi più grossolani. Parlo della forma dei ciottoli fluviali, ordinariamente subollittica, mentre quella dei veri ciottoli marini o lacustri è discoidale. È vero che si osservano delle puddinghe, con fossili marini, composte di ciottoli elittici, piuttosto che discoidali; ma io ritengo in tali casi, che non si tratti punto di veri conglomerati marini, di quelli cioè, che possono assomigliarsi ai depositi, che si formano attualmente lungo le spiaggie ghiajose, costituendo dei montoni, dei banchi, dei cordoni littorali. [2] Penso bensì che impetuose correnti mettessero foce direttamente in mare, abbandonando immediatamente il prodotto di grossolane dejezioni, il quale, poco o nulla smosso e elaborato dall'azione erosiva e distributiva del mare, conservò ancora, nella forma dei ciottoli, l'indole fluviale. Nulla impediva in questo caso, che molluschi marini, amanti dei fondi ghiajosi, vi pigliassero stanza. Posso citare in proposito il fatto molto concludente, espresso nella figura 1. Le argille *bleu* della formazione subapennina di San Colombano (Lodigiano) sono assai regolarmente stratificate, e ricche di conchiglie e d'altri resti marini. In una cava presso il

[1] Parte prima, Cap. VI.
[2] *Ib.*, § 213-223.

paese osservai come a volte a volte le argille alternassero con letti ghiajosi, indizio già che quel fondo marino era a volte a volte soggetto all'afflusso di una corrente di terra. La cosa si rendeva poi evidente, osservando come in un certo punto i regolarissimi strati, quasi orizzontali, fossero interrotti, quasi un torrente vi si fosse gettato, scavandovi un letto, la cui forma concava era dalla interruzione degli strati meravigliosamente disegnata. Quella concavità era infatti ripiena di detrito grossolano e di ciottoli. Il più curioso si è che ciottoli grossissimi si trovavano impigliati negli strati argillosi, fino a qualche metro al disotto del piano del letto torrenziale. Quei ciottoli, assai più pesanti degli altri, si erano evidentemente sprofondati nelle fanghiglie ancor tenere di quel fondo marino, e giacevano accanto a delicatissime conchiglie marine, e a fragilissimi echinodermi. È un esempio ristrettissimo, che può darci ragione di fenomeni identici operati su qualunque scala.

Fig. 1. Invasione di una corrente nelle argille marine di San Colombano

a. Calcare (banco di conchiglie e coralli). b. Argille marine.
c. Letto di ciottoli fluviali. d. Sabbie.

73. Un secondo carattere della sedimentazione di origine fluviale è offerto dalla stratificazione. Lo studio della distribuzione del detrito torrenziale o fluviale, ci ha condotti a riconoscere, che anche i torrenti, anche i fiumi, stratificano le loro dejezioni.[1] In pari tempo però ho fatto vedere come tale stratificazione è ben lungi dall'avere quella regolarità, sia per rapporto allo spessore ed all'andamento dello strato, sia per rapporto al volume degli elementi, che si ammira nei sedimenti d'indole assolutamente marina o lacustre. Ad accrescere poi l'irregolarità di quei depositi influiscono le magre e le piene, le erosioni, le deviazioni, i confluenti, e tutti i mille accidenti già da noi analizzati[2], che fanno dei fiumi la più incostante e la più variabile fra le macchine telluriche. Infine l'irregolarità della stratificazione è uno dei caratteri più marcati della sedimentazione di origine fluviale. Tale irregolarità, naturalmente perdura anche quando le dejezioni fluviali si operano in mare con sufficiente rapidità o in tal guisa, che il mare non riesca ad impossessarsene e ad imprimere loro quei

[1] *Dinamica terrestre*, Parte prima, § 181-186.
[2] *Ib.*, § 189-195.

caratteri di una sedimentazione fluvio-marina, distinta da una stratificazione più regolare, dalla presenza di fossili marini, ecc.

74. La stratificazione fluviale sarà in genere altrettanto più irregolare quanto più vi abbondano degli elementi grossolani, voluminosi. Tali elementi accennano naturalmente all' indole torrenziale del deposito, e sappiamo quanta diversità e quante gradazioni di fenomeni esistano tra un torrente che discende, ora vorticoso e terribile, ora mite o impotente, dalle vette alpine, e un fiume, che grave, tranquillo, quasi costante, giunge al mare, più simile ad un lago che ad un fiume.

I *ceppi* lombardi, che segnano una zona continua alle falde meridionali dei colli subalpini, sono appunto costituiti in genere da elementi grossolani o voluminosi. Benchè dalle *marocche* di Trezzo (puddinga a grossi ciottoli) si passi al *ceppo* di Brembate (puddinga ordinaria, suscettiva di essere modellata in pezzi regolari) quindi al *ceppo gentile* (grès a cemento calcareo), che si presta anche a lavori di scultura ornamentale; ovunque dominano i ciottoli abbastanza voluminosi, indizio questo d' origine torrenziale. Ebbene, se quegli enormi depositi di ceppo, dello spessore di centinaja di metri, osservati in massa, appaiono abbastanza regolarmente stratificati; studiati nei particolari, manifestano la massima irregolarità. Il *ceppo* colle sue più grossolane varietà alterna colle più fine varietà del *ceppo gentile*, composto di sabbie cementate, ossia di arenarie sabbiose. Talora quei depositi vi danno l'idea di un ciottolame accatastato senz' ordine, come in un *cono di dejezione*,[1] talora è un letto, un nido irregolare di *ceppo* grossolano, che si caccia nel *ceppo gentile*, quasi ne abbia eroso gli strati; talora è il *ceppo gentile*, che si annida nella puddinga: infine nulla di più atto a richiamarvi gli effetti di una impetuosa corrente, che forma, rode, trascina, mischia di continuo le proprie alluvioni. La figura 2 presenta lo spaccato di una cava di *ceppo*, che io trovai aperta a Brembate sulla sponda destra dell'Adda.

Fig. 2. Cava di ceppo a Brembate.
a. Ceppo grossolano. *b.* Ceppo gentile.
c. Terriccio superficiale.

75. Le ragioni opposte a quelle asseguate alla irregolarità dei depositi grossolani di origine torrenziale, spiegano l'ordinaria regolarità dei

[1] *Dinamica terrestre*, Parte prima. § 187.

depositi d'origine fluviale, che possono riferirsi alle sabbie e alle argille, coerenti o incoerenti che siano. Ma per ragioni d'altro ordine, i fini depositi fluviali presentano a volte a volte delle irregolarità di stratificazione assai rimarchevoli, le quali possono divenire altrettante caratteristiche dei terreni fluviali. È noto il fenomeno della ondulazione dei fondi fluviali, sabbiosi o fangosi, che si verifica per un processo molto simile a quello, per cui si formano i montoni nel mare e le dune sulle spiaggie sabbiose. Tale fenomeno ha una certa importanza geologica, stantechè si avvera facilmente la stratificazione ondulata dei depositi di sabbie, di arenarie, di argille, e può essere un indizio di formazione fluviale, regolare e pacifica. Ma è pur noto come anche i fondi lacustri o marini, sabbiosi o fangosi, si mostrano ondulati, per l'azione meccanica, che esercitano le onde e le maree, molto analoga, se non identica, a quella esercitata dalle correnti di terra. Bisognerà quindi contare assai poco su questo carattere. Altri fenomeni stratigrafici possono aver ragione nella finezza stessa dei sedimenti fluviali. Una sabbia fine, un' argilla, trasportate lene lene sul fondo da una corrente regolare, possono modellarsi sopra qualunque massa, che si opponga al loro cammino, e dar luogo a cartocci, a concrezioni sferoidali, a strati concentrici, in mezzo ad una formazione di strati orizzontali. La stessa finezza e la mobilità di quegli elementi li rende sensibili a qualunque azione perturbatrice, che venga messa in moto posteriormente alla loro giacitura in regolari depositi. Quei finissimi letti di sabbie e di argille saranno facilmente erosi; ubbidiranno ad ogni modo di compressione esercitata dalle dejezioni, spesso grossolane e pesantissime, che vengono ad esercitarvi il loro incubo. È meraviglioso a vedersi quali bizzarri contorcimenti, quali mosse complicate, inconciliabili colle leggi ordinarie della stratigrafia, presentino spesso le sabbie, le arenarie, le marne arenacee, in luoghi ove non si possono supporre le solite ragioni dei sollevamenti, delle oscillazioni della crosta del globo. Quanti di tali accidenti, che spesso disturbano lo stratigrafo, intento a concludere circa i rapporti di una formazione, circa la direzione di una linea di sollevamento, non segneranno che l'orma fugace di una corrente, che imbizzarrì alcun tempo entro un regolarissimo deposito?

Gli esempi in prova dell'asserto potrebbero certamente raccogliersi copiosi in giro alla collina di San Colombano, dove tutto collima a mostrarci ciò che sancimmo già parzialmente [1], aver cioè una corrente terrestre di indole torrenziale invasi i dominî del mare, ove si deponevano le argille subapennine. Le sabbie colà finamente stratificate alternano con letti

[1] Vedi sopra il § 72.

irregolarissimi di ciottoli, il cui volume è talora assai considerevole. Le sabbie stesse mi mostrarono a Miradolo tale una bizzarria di curve e di linee spezzate, che la figura 3 appena riesce a ritrarre.

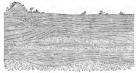



Fig. 3. Spaccato di una porzione delle sabbie superiori della collina di S. Colombano.

76. Alla ricognizione dei depositi fluviali, ed a distinguerli dai marini, servono più che i caratteri delle roccie e gli accidenti della stratificazione, i fossili. Quando un sedimento fluviale si opera a sufficiente distanza dal mare, per cui esso non vi eserciti più nessuna influenza, è naturale che, salvo casi stranissimi, non si trovino in essi sedimenti che fossili o terrestri, o d' acqua dolce. Ma finchè dura l' indole torrenziale, finchè cioè il fiume trascini ciottoli o grosse ghiaje, è ben difficile, che un corpo organico vi si conservi in modo riconoscibile. Non mi ricordo mai di aver osservato nel letto dei nostri torrenti od ossami od altro, mentre pure molti esseri organici vi saranno fluitati ogni giorno. Il cozzo e l' erosione che ottunde e lima i quarzi, non può rispettare le fragili reliquie dell'organismo. Quand' anche siano rispettate, la porosità dei depositi incoerenti è tale, che le acque infiltranti, l'aria, ecc., possono troppo facilmente dar luogo alla loro decomposizione. Ove invece il fiume si appiani sopra un fondo abbastanza tranquillo, facilmente si scopriranno conchiglie ed altri organismi. È così, che ricche d'una fauna terrestre interessantissima, di cavalli, di buoi, di cervi, di elefanti, ecc., sono le alluvioni delle nostre basse pianure del Lambro, del Po, come lo sono quelle del Reno, e in genere le vaste alluvioni, che coprono i piani dell' Europa del pari che dell'Asia e dell'America.

77. Ma il caso più pratico è quello dei depositi di estuario, ossia delle alluvioni fluvio-lacustri o fluvio-marine. La miscela o l' immediata sovrapposizione di fossili terrestri, fluviali e lacustri o marini ci indicheranno i depositi di estuario, a qualunque epoca, a qualunque formazione ap-

partengano. Di questo importantissimo argomento tratteremo espressamente più tardi.

78. Quando si tratti di conglomerati grossolani, non fossiliferi, quali sono finora i nostri ceppi o il Nagelfiue della Svizzera, non sarà così agevole il riconoscere se trattisi di una formazione fluviale semplicemente o di una formazione fluvio-marina. Il geologo ha in pronto altri argomenti oltre i citati, e specialmente i rapporti del terreno in questione con altri. Per esempio, nel caso citato di San Colombano [1] è evidente che una formazione sabbiosa o ciottolosa, associata alle argille d'origine marina, con quegli accidenti, che vi osservammo, dev'essere ritenuta, benchè senza fossili, d'origine fluvio-marina. Del resto d'origine fluvio-marina si dimostrano in genere le sabbie superiori dal *terreno pliocenico* o *subapennino*, comprese quelle di San Colombano, che si trovano così ricche di ossami di cervo, di elefante, e d'altri fossili terrestri. Ma ci siamo già trasportati in tale ordine di argomenti, che esige la cognizione di tutte le leggi stratigrafiche e quelle sopratutto dei rapporti delle formazioni tra loro; nè saremmo in grado finora di tirare certe conclusioni, le quali sono quasi gli ultimi corollari della scienza, di cui andiamo radunando gli elementi.

79. Conchiudendo, noi saremmo venuti a capo di fissare l'origine della maggior parte delle roccie aggregate, incoerenti o coerenti che siano. Per la maggior parte constano esse di detrito, che passò allo stato di formazione in seno alle acque; quegli strati non sono che letti o fluviali, o lacustri, o marini, o fluvio-lacustri o fluvio-marini, o sciolti allo stato normale, o cementati da un agente contemporaneo o posteriore alla formazione del deposito. La natura delle roccie, la forma degli elementi rocciosi aggregati, la stratificazione, i fossili stanno per la verità delle nostre conclusioni. Le parzialità che riguardano la forma stessa del detrito, il modo di stratificazione, la natura e l'associazione dei fossili, ci rivelano le più speciali condizioni di formazione degli stessi depositi. Sono in genere formazioni subacquee, detritiche, nel senso espresso, le sabbie, le ghiaje, le argille, gli schisti argillosi, le arenarie (macigni, psammiti, molasse, glauconie, quarziti, curitiue), i conglomerati communi (gonfoliti, puddinghe, anageniti, grovacche). Non è poca conquista, in ordine alla teorica geologica, l'aver conosciuto l'origine di questi aggregati, o di potere aggiungere a questa cognizione quella già fatta dell'origine della maggior parte delle roccie calcaree. Attraversate l'Appennino in tutti i sensi, spingetevi fino ai piedi delle Alpi, e non avrete a riconoscere quasi altro

[1] Vedi sopra il § 72.

mai, che una serie di argille o di schisti argillosi, di sabbie o di arenarie, di ghiaje o di puddinghe, di calcaree pure o miste ad elementi argillosi, sabbiosi, ecc., di dolomie o di calcari dolomitici, infine di quelle roccie, della cui origine possiamo ormai ritenerci edotti.

80. Già si intende, che le diverse forme, accennanti ad origine diversa, da noi finora considerate, si trovano spesso intimamente associate in una formazione, come nella collina di San Colombano, dove ad un calcare di origine corallina, ad argille e sabbie d'origine marina, si associano sabbie e conglomerati incoerenti d'origine fluvio-marina. Certe forme sono anzi da ritenersi come il prodotto simultaneo di due o più agenti diversi: è il caso, p. es., dei calcari terrosi, argillosi, arenacei, dove alla sostanza calcarea, di origine organica od idrotermale, si immischiarono l'argilla, la sabbia, d'origine semplicemente fluviale, lacustre o marina. Come esempio di formazione, la cui origine assai complessa può spiegarsi coi soli principî stabiliti fin qui, citerò i colli di Badia a nord-ovest di Brescia.

81. Quei colli risultano dalla più curiosa associazione di roccie diverse, le quali possono ridursi ai seguenti tipi: 1.° Puddinga a cemento calcareo, composta di ciottoli calcarei in gran maggioranza e di ciottoli di quarzo. Offre molte varietà, variandone gli elementi dal grano fino al ciottolo arrotondato del diametro di 10 centimetri e più; 2.° Calcare compatto, bianco-sporco, con conchiglie terrestri (*Helix*, *Ciclostoma*, ecc.), che passa alla varietà seguente; 3.° Calcare bianco-sporco, o bianco latteo, pulverulento, con concrezioni calcaree; 4.° Marne argillose, cineree, della morbidezza della vera argilla, con *Helix* quasi allo stato di ferro idrato.

Benchè tutte le indicate roccie formino delle masse considerevoli, e tutte siano più o meno evidentemente stratificate, non trattasi qui di quella regolare successione o sovrapposizione di strati e di formazioni, che nella maggior parte dei casi indica agenti diversi in epoche distinte. Invece, chi studî quei colli, vedrà che si tratta piuttosto di una juxtaposizione, anzi quasi di una miscela di quelle roccie d'indole diversa. La puddinga domina in tutti quei colli formanti una piccola catena da sud-ovest a nord-est. Il calcare, talora compatto, talora terroso, se qui si isola in masse poderose, là sembra invadere i confini della puddinga, ed esserne alla sua volta invaso, risultandone una puddinga incoerente nel calcare terroso. Le marne argillose poi si trovano in tali rapporti colla puddinga o col calcare, che direbbersi il calcare stesso più impuro, ossia misto a fanghiglie argillose. Meritano speciale considerazione le conchiglie terrestri, sparse abbondantemente nelle calcaree e nelle marne, e più ancora le concrezioni proprie del calcare terroso. Consistono esse in una copia stragrande di corpi pisolitici, irregolari, cilindrici, ovali, subsferici, della

grossezza fin di una ordinaria patata, e che si piglierebbero talora per monconi d'ossa cilindriche di mammiferi. Constano di una crosta calcarea durissima, di indole stalatittica, con una cavità centrale piena di marna calcarea, d'aspetto argilloso, che fa viva effervescenza coll'acido nitrico. Come spiegare quel complesso di fenomeni? Parmi che la natura di quelle formazioni risponda sufficientemente al quesito.

82. Le colline di Badia rappresentano un'antica formazione di estuario, probabilmente marino, non conoscendosi in quei dintorni alcun deposito lacustre. La fiumana giungeva al mare colla forza sufficiente, per recarvi quei ciottoli di un diametro assai considerevole, da cui risultavano masse poderose di conglomerato incoerente. Ma nello stesso tempo, e probabilmente dallo stesso fondo marino, sgorgavano sorgenti ricchissime di carbonato di calce, il quale, rimanendo libero più o meno rapidamente, secondo il più o men rapido svolgersi del gas acido carbonico e dell'evaporazione, precipitavasi, o lento e compatto, o rapido e terroso. Nell'un caso e nell'altro involgeva i ciottoli torrenziali, e ne formava o una puddinga compatta o un conglomerato incoerente, ovvero dava origine egli stesso a depositi di calcare o compatto o pulverulento. Le conchiglie terrestri, che venivan galleggiando giù per la corrente, quando sfuggissero all'urto del grossolano detrito, venivano rapidamente investite dal calcaro incrostante, e protette in seno ai depositi calcarei. Il calcare stesso, mescolandosi alle fanghiglie fluviali, formava delle marne calcaree. Le forme pisolitiche sono suggello al supposto. Noduli marnosi, mossi o tenuti in sospensione dai getti delle sorgenti, servivano di centro, intorno a cui si deponeva, nella sua maggiore purezza, la sostanza calcarea; e ruzzolati sul fondo della corrente, assumevano quella forma cilindrica che caratterizza la maggior parte di quelle grossolane pisoliti.

Ecco un primo esempio di quella sintesi, che, riunendo i diversi elementi dell'analisi geologica, può dare spiegazione delle formazioni più vaste, più complicate.

83. Assegnando una data origine agli aggregati incoerenti o coerenti, i quali, ai caratteri che li distinguono come roccie di aggregazione, aggiungono quello della stratificazione, e assai sovente quello della presenza dei fossili, abbiamo per ciò stesso escluse alcune roccie, anzi interi gruppi di roccie aggregate, la cui origine dovrebbe venir spiegata ben altrimenti. Ma le circostanze particolari di quelle roccie, o di quei gruppi, sono tali, che difficilmente potranno, nella questione d'origine, andar confuse con quelle che abbiamo finora prese di mira.

Abbiamo, p. es., compreso sotto il nome di *detrito* tutte quelle formazioni aggregate, che provengono dalle frane, dagli scoscendimenti, dal-

l'azione glaciale, ecc. Possiamo comprendere sotto questo nome anche le sabbie, che costituiscono le dune. Ma tali aggregati si formano incessantemente sotto i nostri occhi, e ne abbiam quindi già studiata l'origine, formando essi, cogli altri fenomeni attuali, l'oggetto della *dinamica terrestre*. Sorte vuole che tali formazioni, ed altre d'origine terrestre e superficiale, non interessino che quella, che altri chiamò *geologia della superficie*, la quale appunto si confonde, o quasi si identifica colla dinamica terrestre. La geologia propriamente detta, parlando di formazioni esogene, non ha quasi a fare con altre che con formazioni subacquee. Appena raggiunto quello strato, che si direbbe il *sottosuolo*, che sopporta cioè i terreni mobili superficiali in qualunque parte del globo, tosto dovrete accorgervi d'aver a che fare con terreni d'origine subacquea, quando non siano vulcanici, o comunque di formazione endogene.

84. Anche le breccie, le puddinghe composte di frammenti angolosi, appartengono in genere a terreni assai recenti, e non sono che frane, che detriti terrestri cementati. Le breccie appartenenti a terreni antichi sono rare e da ritenersi piuttosto come roccie brecciate, cioè ridotte in frantumi sul luogo da una forza meccanica qualunque, poi cementati. Possono, è vero, ammassi di frantumi angolosi costituire depositi subacquei che, non essendo rimestati e rosi, si trasformeranno in una breccia lacustre o marina. Uno dei migliori esempi può esservi fornito nelle marne a fucoidi che sono sviluppate a Bardello, sull'istmo, che separa il lago di Varese dal laghetto di Bardello (Lombardia). Quelle marne costituiscono talora una vera breccia, tanta è la copia dei frantumi di calcare compatto bianco, simile alla varietà detta *majolica*. Talora i frammenti sono grossissimi, anzi, in qualche caso, veri massi o rupi, intorno a cui si deposero regolarmente le marne, a strati regolarissimi. Evidentemente su quel fondo, che doveva essere tranquillissimo, vi si deposero i finissimi sedimenti marnosi, rispettando le più esili fucoidi, mentre franava il calcare compatto in piccoli o in grossi frantumi. La presenza dei fossili svela facilmente l'origine di così eccezionali formazioni. Ad ogni modo però quando dovessimo abbatterci a qualunque profondità terrestre in formazioni d'origine terrestre, quali sono le frane, le dune, le morene, ecc., queste non potrebbero mentirci la loro origine, dacchè abbiamo penetrato il segreto della loro attuale formazione.

85. Conchiudendo, le roccie semplici od aggregate, di cui scoprimmo l'origine (salvo qualche eccezione o spiegata o considerata come problematica), sono tutte: 1.° di origine subacquea, 2.° stratificate, 3.° fossilifere. Infine la maggior parte di quelle roccie sono sedimenti o fluviali, o lacustri o marini, per cui i tre caratteri suddetti si possono sintetizzare

dicendo, che quelle roccie sono *roccie* o *formazioni sedimentari*. Di esso si intrattieno quasi esclusivamente la *geologia stratigrafica*. Le formazioni sedimentari ci aprono, cioè, così vasto campo di speculazioni, ci narrano da sole tanta parte della storia della terra, che non converrà, per ora, staccarsene, rimettendo ad altro tempo di indagare l'origine delle altre formazioni, e di ascoltare l'altra parte della storia del globo, che esse ci narreranno alla loro volta.

CAPITOLO VI.

STRATIGRAFIA DESCRITTIVA.

86. Appoggiandoci all'indole petrografica delle roccie, ed ai più evidenti caratteri della stratificazione e della presenza dei fossili, abbiamo conchiuso all'origine subacquea di un gran numero di roccie e di formazioni, che costituiscono almeno una metà della crosta terrestre. Abbiamo anzi preteso di distingnere lo formazioni marine dallo lacustri e dalle fluviali, e di indovinare le più minute circostanze di origine d'ogni deposito. Ma, bisogna confessarlo, ci siamo dissimulati dne fatti, che sono, almeno in apparenza, in assoluta opposizione a quanto abbiamo conchiuso; mentre d'altra parte sono così generali, così evidenti, che non si può prescindere nemmeno un istante dal rendercene ragione, sotto pena di vedere in un attimo rovesciato tutto l'edificio innalzato.

Ecco i due fatti a cui accenno:

1.° I fossili contenuti negli strati sono generalmente spoglie di animali acquatici, anzi marini: eppure ora si trovano sulla terra asciutta, anzi ad enormi altezze sul livello del mare. Infatti si scoprono a 2400 metri sui Pirenei, a 3000 metri sulle Alpi, a 3900 metri sullo Ande, a 4600 metri sull' Himalaya.

2.° Quei depositi fossiliferi sono stratificati; ma per dirsi letti di fiumi, fondi di laghi e di mari, dovrebbero mostrarsi, almeno approsimativamente, orizzontali: invece li troviamo fortemente inclinati sull'orizzonte raddrizzati fino alla verticale, in mille modi contorti.

87. Ho detto *approssimativamente orizzontali;* poichè i fondi marini, anche i più livellati, sono sempre un po' obliqui sll' orizzonte. Ma pei sedimenti marini l'obliquità è minima a segno, che, in genere parlando, le nostre pianure più livellate e centuplicate d' estensione possono sole darcene un' idea. Il fondo de' mari esser deve infatti altrettanto più piano e regolare, quanto irregolare e accidentata è la superficie dei continenti: poichè se i continenti sono il regno della erosione, i mari sono il regno della sedimentazione; se là tutto congiura a rodere, ad avallare, tutto qui

tende a colmare, ad appianare. Ciò che poteva presupporsi, fu dimostrato dal fatto, dietro i numerosi scandagli praticati nei diversi mari, e sopratutto in seguito alle grandiose operazioni di scandaglio eseguite nell'Atlantico, in prevenzione del telegrafo sottomarino. Se in vicinanza dei continenti la pendenza è molte fiate da 1 a 2 per 1000; l'immenso piano dell'Atlantico, che si stende tra l'Europa e gli Stati Uniti, detto da Maury *piattaforma telegrafica*, vanta, sulla lunghezza di forse 15000 chilometri, una pendenza di circa 0,5 a 2 per 1000? Anzi tutto l'Atlantico, secondo la carta pubblicatane da Maury, non è che un piano sterminato, appena interrotto da qualche depressione eccezionale o da qualche eccezionale rilievo, prodotto in genere dai vulcani, che levaron di botto dal fondo dell'Oceano i loro coni insulari. Lo scandaglio va verificando lo stesso fatto pei laghi. Anche i laghi più profondi e più accidentati, come, p. es., il lago di Como, non presentano che un vero piano sul fondo. La costanza di tale forma, essendo generale, non può trovar ragioni nella orografia: le trova invece benissimo nel fatto generale della sedimentazione, ammesso che la sedimentazione si operi a strati orizzontali, come si verifica di qualunque sedime, che si deponga lentamente sul fondo di un vaso. E sedimenti finissimi debbono esser quelli, che precipitano nelle tranquille profondità dei mari e dei laghi, lungi da ogni immediato afflusso delle correnti di terra. Infatti, se lo scandaglio di Brooke trasse dalle profondità atlantiche di migliaia di metri un fango composto di microscopici foraminiferi; uno scandaglio, fatto da me calare allo stesso scopo nel lago di Como, che veniva scandagliato, per averne l'orografia da' miei amici dott. Casella e Bernasconi, riportommi, dalla profondità di circa 150 metri, una fanghiglia, che trovai quasi letteralmente composta di diatomacee. Lo stesso fenomeno presentò a Struve il lago Ladoga (Russia). Più inclinati sono i depositi fluviali, e inclinatissimi i torrenziali; il che si risolve a dire che l'inclinazione dei depositi subacquei è tanto maggiore, quanto più grossolano è il detrito. Ma le più esagerate pendenze non han nulla a che fare cogli accidenti offerti dalle formazioni stratificate, che ci presentano di continuo le inclinazioni più esagerate, che ci mostrano strati finissimi di calcare o d'argilla raddrizzati fino alla verticale, e inoltre inclinazioni opposte ad ogni più breve intervallo, curve le più ardite, contorsioni le più strane.

88. La figura 4 presenta il disegno approssimativo della formazione calcarea, quale io ho potuto rilevarla in vicinanza di Chiuso, precisamente sulla sinistra, lungo la via che da Lecco conduce a Bergamo. Quei raddrizzamenti, quelle bizzarre contorsioni, si succedono sopra una linea di forse 200 metri soltanto; ma le forme stesse, ancora più varie e capricciose,

si ripetono per miglia e centinaia di miglia nelle Alpi, e, assumendo dimensioni gigantesche, affettano intere catene, intere regioni. La deviazione degli strati dall'originaria orizzontalità è fenomeno quasi altrettanto universale, quanto l' esistenza di essi strati in tutte le regioni del globo.

Fig. 4 Contorsioni della formazione calcarea presso Chiuso.

89. Questo fatto però non può in nessun modo infirmare la nostra convinzione, che marini non siano per la maggior parte quegli organismi, che vediamo ora asciutti e lapidefatti nelle più aeree regioni, e che d'origine marina non siano quegli strati che li contengono. Sulla natura dei fossili non più lice disputare in un secolo in cui la paleontologia, che ridestò dalle antichissime ceneri le faune e le flore, da cui erano animati il fondo degli antichissimi mari o la superficie dei continenti forse ora scomparsi, non la cede alla zoologia e alla botanica, che rintracciarono la vita nelle più microscopiche celle degli animali e delle piante, onde attualmente è sì bella la superficie del globo. I fossili stessi hanno messo fuori di questione quell' origine degli strati, che era già resa palese dalla natura o dalla forma petrografica. Fossili e strati trovansi intanto lassù, al sicuro dagli impeti del mare. Il fatto è innegabile anche che noi non ne trovassimo la spiegazione.

90. Del resto, quando tratteremo più tardi espressamente del molteplice valore di cui godono i fossili, vedremo essere, oso dire, il minimo dei veri, che la geologia ne deduce, questo: che gli strati sedimentarî sono veramente letti subacquei, anzi, in genere, fondi sottomarini. Noi vedremo anzi, per dir così, sotto gli occhi nostri, quei fondi rianimarsi, formicolare di esseri viventi; assisteremo alla ridda perpetua delle generazioni, che a mille a mille appaiono e scompaiono sulla superficie del globo, che si accresce delle loro spoglie; vedremo disegnarsi i confini degli antichi mari, o il rilievo delle antiche terre, o gli uni e gli altri rimutarsi con assidua vece, rimutandosene in pari tempo il clima e tutte le fisiche condizioni. Per ora ci basti di potere affermare, come abbiamo detto, che gli strati rocciosi sono fondi di fiumi, di laghi, di mari antichi.

91. Ammesso che le grandi formazioni fossilifere, le quali ora costituiscono le montagne, furono un tempo, per la massima parte, immensi depositi

sottomarini, non resta che il dilemma: o il mare era una volta fino al livello delle più alte montagne, o le montagne trovaronsi sotto al livello del mare. La prima parte del dilemma porterebbe, che il mare, dopo aver dimorato a quell'altezza quanto tempo era necessario per lasciarvi gli immani depositi, siasi abbassato e ritirato entro gli attuali confini. Questa ipotesi fu accettata infatti primitivamente, e visse fino a questi ultimi tempi, in cui venne morta per sempre dalle osservazioni dei più eminenti geologi. Se il mare trovossi un giorno, p. es., all'altezza di 5600 metri sull' Himalaya, e lasciovvi le sue spoglie, perchè non lo avrebbe lasciate che a 3900 sulle Ande, a 3000 sulle Alpi, a 2400 sui Pirenei? Dove si sarebbe nascosta quella massa poderosa di acqua, che alzava di quasi sei chilometri il livello del mare sopra tutta l'immane superficie? Se troviamo dei fossili a più di 5 chilometri sopra il livello attuale del mare, ne troviamo del pari a tutte le profondità finora esplorate sotto lo stesso livello. Potevano gli animali sopportare quella enorme pressione? Forse il mare ritirossi successivamente, a riprese, e gli animali vissero in ogni periodo ad un conveniente livello. Ma dove ritirossi il mare? E poi, invece di uno, avremo tanti livelli; ma ciascuno universale. Avremo dunque una serie di rilievi continentali, a gradinate parallele, che si corrispondono su tutti i continenti. Avremo infine una serie numerosissima di fenomeni, di forme orografiche, che sono ben lungi dal verificarsi. Al postutto non dimentichiamo, che sono due i grandi fatti compresi nel problema. Non si tratta solo di sapere, come animali marini giacciano ora in grembo alle più alte montagne; ma anche perchè gli strati siano così universalmente raddrizzati e contorti. Il mare al postutto, dovunque si trovasse, doveva deporre sedimenti orizzontali. Perchè avrebbe fatto generalmente il contrario? In fine l'ipotesi della ritirata del mare trovasi così inconciliabile coi fatti messi in luce dalla scienza moderna, che, una volta edotti dei principi più elementari della geologia stratigrafica, intenderemo esser tempo perduto quello, che si è speso a richiamare un'ipotesi che, per quanto abbia dominato il campo della scienza e soggiogati gli ingegni più belli, non lascia di essere assurda per ogni verso.

92. Non resta dunque che la seconda parte del dilemma, la quale porta che i monti si trovassero un giorno sotto il livello del mare, per meglio dire, vi si formassero, ed emergessero dalle onde a loro tempo, per collocarsi là dove si slanciano attualmente in grembo alle nubi. Se ciò è vero, gli strati, che componevano il fondo marino, hanno subito un movimento, furono spostati dalla loro giacitura primitiva; e allora non vi ha raddrizzamento, non vi ha contorsione o rottura, di cui possiamo meravigliarci. Ci meraviglieremo anzi, che, sotto l'impulso vigoroso, il quale portava quelle

masse sterminate di detriti, dalle profondità dell' Oceano alla sublimità delle più aeree catene, gli strati abbiano potuto pure talvolta mantenere la loro orizzontalità primitiva. Lungi dal meravigliarci adunque, che gli strati fossiliferi sieno raddrizzati, contorti e rotti, cercheremo piuttosto ai raddrizzamenti, alle contorsioni, alle rotture, il modo e la ragione di movimenti, che si tradussero appunto in quegli *effetti permanenti*, cui sì svariati e molteplici ci svela la struttura di un monte.

93. L'idea che la crosta solida del globo sia soggetta a delle oscillazioni passaggiere o continuate, rapide o lenti; che una regione possa sollevarsi, mentre un'altra si sprofonda; è un'idea del resto tutt'altro che nuova per noi. A questo fatto complesso, che si verifica anche attualmente, noi abbiamo consacrato un intiero capitolo della *Dinamica terrestre.*[1] Siamo anzi riusciti a persuaderci, che la terra vibra, per dir così, di continuo, in preda a robuste oscillazioni.

La nostra attenzione deve ora piuttosto portarsi sugli accidenti della stratificazione, i quali sono come le orme di quella forza, che agì in tutte le epoche del globo, nella presunzione di giungere, per questa via, a scoprire le leggi e le cause dei movimenti intestini del globo. Prendiamo dunque dapprima ad analizzare le diverse *forme stratigrafiche*, i diversi modi, cioè, sotto cui si presentano gli strati, spostati dalla loro primitiva orizzontalità.

94. Le masse stratificate, per quanto varie nelle loro apparenze stratigrafiche, si presentano sempre in uno di questi due modi, cioè: o gli strati dell'intera massa si conservano paralleli fra loro, o non mantengono esso parallelismo. Il primo caso si esprime col nome di *stratificazione concordante*, il secondo con quello di *stratificazione discordante*. L'uno e l'altro offrono poi un numero infinito di accidentalità, che tuttavia si raggruppano sotto un piccolo numero di espressioni, costituenti la *nomenclatura stratigrafica*, che passo a compendiare.

95. Per quanto la stratificazione del globo sia stata sturbata dai molteplici movimenti, porzioni non indifferenti di masse stratificate conservano la loro originaria orizzontalità. Il monte Tavola, al Capo di Buona Speranza, costituito da una piattaforma di grès, disteso a strati orizzontali sopra una massa di granito, elevato all'altezza di 1000^{m} sopra il livello del mare, non è che uno spicchio di una forma stratigrafica, che si ripete ovunque nelle grandi catene, e sembra avere il predominio sulle altre nella catene delle Ande.

96. Appena gli strati deviino dalla orizzontale, inclinano, fanno cioè un

[1] Parte seconda, Cap. XV.

angolo coll'orizzonte. L'*angolo d'inclinazione* è misurato dai *clinometri*. Il più semplice consta di un quadrato, sul quale si disegna un arco di cerchio graduato di 90°, avente per centro il vertice di uno degli angoli del quadrato stesso, da cui parte un filo a piombo. L'*inclinazione* si riferisce naturalmente ad uno dei punti cardinali. L'inclinazione varia spesso a brevi distanze, disegnando gli strati delle flessuosità, o degli archi di circolo, sul piano dell'orizzonte.

97. Spesso si osserva, nominatamente nel Giura, che gli strati, dopo aver corso un certo piano orizzontale o appena curvo od ondulato, d'improvviso si levano, formando un angolo ottuso ben pronunciato col piano descritto, a cui serve di complemento l'angolo che vengono a formare coll'orizzonte. Il punto, o meglio la linea, di ripiegatura, sarà da noi indicata col nome di *gomito d'inflessione*. Tale inflessione avrà facilmente prodotto una spezzatura degli strati, dilatantesi dall'alto al basso. Abbiamo già osservato come ai *gomiti d'inflessione* corrispondano nel Giura gli scaricatori delle acque, ossia gli *emposieux*, e le sorgenti che ne derivano, testimoni appunto di tali spezzature.[1] La figura 5, che ci mostrava allora tale fenomeno di circolazione sotterranea, ci mette ora sott'occhio un esempio di una massa di *strati inclinati*, che si congiungono, o piuttosto si continuano, con un'altra massa di *strati orizzontali*, mediante un ripiegamento, o *gomito* d'inflessione.

Fig. 5. Spaccato della *Vallée des-Ponts* nel Giura di Neuchâtel.

98. Appena lo strato sia obliquo all'orizzonte, il *piano* di esso strato piglia una direzione, che vien pure determinata dalla bussola, riferendola ai due punti cardinali opposti. La direzione talora si mantiene invariabile per lungo tratto, spesso invece varia di tratto in tratto.

99. Tenendo calcolo delle varie direzioni ed inclinazioni, si verranno a comprendere, in tutti i loro particolari, i rilievi della crosta terrestre, e i loro

[1] *Dinamica terrestre*, Parte prima, § 474-480.

mutui rapporti. Siccome, parlandosi di un piano, l'indice d'inclinazione è perfettamente verticale alla linea di direzione; così, trovata la direzione col mezzo della bussola, e visto in genere da che parte inclina lo strato, non farà bisogno di calcolare l'indice d'inclinazione; anzi sarà superfluo il precisare detto indice scrivendo. Sia, p. es., la *direzione dello strato* est-est 30° sud: ovest-ovest 30° nord: l'indice d'inclinazione sarà naturalmente nord-nord 60° est ovvero sud-sud 60° ovest. Basterà dire inclinazione nord-est ovvero inclinazione sud-ovest.

100. Distinguiamo nelle masse stratificate, quali si presentano allo sguardo, *il piano* dello strato e la *testata*, cioè la superficie di troncatura dello strato stesso, che si mostra evidentissima, p. es., nelle valli. Quando la massa stratificata sia obliqua all'orizzonte, le testate si mostreranno naturalmente inclinate nella maggior parte dei casi. Non bisogna però prescindere mai dal determinare l'inclinazione unicamente sul *piano* stesso dello strato, sul quale si determina la direzione, perchè le testate degli strati offrono, per rapporto all'inclinazione, le più ingannevoli apparenze. Infatti vi è un sol caso in cui l'inclinazione della testata corrisponda all'inclinazione del piano, ed è quando la spezzatura segua l'indice di inclinazione, sia cioè verticale alla linea della direzione. Ma la spezzatura può essere o parallela alla linea della direzione o ad essa obliqua. Nel primo caso le testate vi daranno l'apparenza di una stratificazione orizzontale, qualunque sia l'inclinazione; nel secondo caso l'indice d'inclinazione sembrerà spostato a destra od a sinistra. Insisto sopra questo punto, perchè so quanto facilmente l'osservatore è condotto a giudicare dell'inclinazione degli strati dalle apparenze offerte allo sguardo dalle loro testate, le quali, per mala sorte, sono le sole, che si mostrino nella maggior parte dei casi. Infatti le osservazioni geologiche si fanno a preferenza e con molto profitto, seguendo la linea delle valli trasversali alla stratificazione, in tali condizioni cioè, che il piano della stratificazione non si può osservare che davvicino, mediante le piccole disuguaglianze offerte dalle irregolarità delle grandi superfici di troncatura. In tali condizioni l'osservatore tende, quasi per istinto, a riferire la direzione dello strato ad una linea, che coincide con quella della sua visuale, falsando interamente i rapporti delle masse stratificate.

101. Fin qui parlossi della stratificazione, nel supposto che gli strati presentino sempre un piano orizzontale o inclinato. Ma noi osserviamo troppo sovente gli strati contorcersi, ripiegarsi, disegnando delle curve concave o convesse sul piano dell'orizzonte. Le curve convesse, ossia disegnate dal basso all'alto, a guisa di archi di ponti, si chiamano *anticlinali*; le concave si chiamano *sinclinali*. In greco ἀντι indica contrario,

in senso opposto; σὺν insieme, nello stesso senso, verso lo stesso punto; κλίνω, io inclino. Tracciando una linea, la quale raccolga i vertici, ossia i punti più prominenti degli strati curvi e paralleli, avrò disegnate la sezione dell'*asse* della anticlinale, il quale è un *piano* parallelo alla direzione degli strati formanti l'anticlinale, equidistante dalle due *gambe*. Le *gambe* o i *pendii* della anticlinale o della sinclinale sono le due porzioni degli strati, che convergono o divergono all'asse. Le anticlinali e le sinclinali avranno le *gambe* uguali, quando sieno *regolari*, quando cioè il loro asse sia perpendicolare all'orizzonte. Se l'asse è obliquo all'orizzonte, le anticlinali o le sinclinali saranno *irregolari*, e le loro gambe disuguali.

102. Non sempre però le curve appajono complete. Spesso, invece, un certo numero di strati compie l'anticlinale, mentre i sovrapposti non ne disegnano che le gambe, quasi si fossero spezzati nel ripiegarsi o ne fosse stata, per qualunque ragione, esportata la parte che compiva la curva. In questo caso dirò, che gli strati formano una *anticlinale spezzata* o *erosa*. Parlo semplicemente di *anticlinale*, poichè se esiste il caso di *sinclinali spezzate* visibilmente, questo è per lo meno assai raro. Vedremo a suo tempo le ragioni di così importante divario. Farò anche osservare, che le curve divengono sovente angolose, fino al punto che le sinclinali e le anticlinali disegnano altrettanti zig-zag.

103. Nella figura 6 la perpendicolare *a b* rappresenta l'*asse* d'una *anticlinale*, le cui *gambe* sono formate dalle due metà divergenti degli strati *cc*, *dd*, *ee*, e la perpendicolare *a'b'* segna l'*asse* di una *sinclinale* le cui *gambe* risultano composte dalle due metà convergenti degli strati *c'*, *c''*, *d'd'*, *e'e'*. Gli strati *ff*, *gg* appartengono puro alla anticlinale; ma, presi isolatamente, delineano una *anticlinale spezzata*, o *erosa*,

Fig. 6. Anticlinale e Sinclinale.

che dovrebbe ristaurarsi coll'aggiunta delle porzioni punteggiate, onde si continuerebbe cogli strati *f'f'*, *g'g'*, i quali appartengono alla *sinclinale*, e, presi isolatamente, delineano apparentemente una *sinclinale spezzata* o *erosa*. Dico *apparentemente*, perchè vedremo in pratica come, se le anticlinali furono veramente guaste o dal sollevamento, o più spesso da posteriore erosione, gli strati componenti le sinclinali, si continuano invece sotterra, come è indicato dalle linee punteggiate.

104. Per effetto delle curve anticlinali o sinclinali, che spesso alternano por lunghi tratti di paese, avviene che gli strati si mostrino alternativamente allo sguardo, o si nascondano, sprofondandosi entro il suolo. Ogni volta che uno strato si mostra nudo alla superficie del suolo, dicesi che *affiora*.

105. La geologia va debitrice alle curve ed agli affioramenti, che ne conseguono, di potere spingere lo sguardo nell'intima compagine del globo alle profondità più inaccessibili. Se in fatti uno strato affiora, supponiamo, con una inclinazione est, sprofondandosi sotterra in un punto, poi affiora di nuovo, ad una certa distanza, con una inclinazione ovest, quando non vi siano indizî di gravi disturbi, avrò diritto di vedere nei due affioramenti le due gambe di una sinclinale, che si compie sotterra. Ristaurando la sinclinale idealmente, con facile calcolo, saprò a quale profondità si spinge quello strato, saprò, cioè, come sia composta la crosta del globo in quel punto, senza ricorrere alla mina o allo scalpello.

106. Venendo ora a parlare della *stratificazione irregolare*, delle masse stratificate cioè, ove il parallelismo è evidentemente rotto, osserveremo due casi. Nel primo trattasi di due o più masse, stratificate, ma diverse per natura mineralogica e per gli altri caratteri stratigrafici, le quali si trovano insieme, per semplice juxtaposizione, a formare un dato rilievo. Nel secondo caso, invece, trattasi di due o più masse stratificate, di natura identica, aventi ciascuna un tal numero di strati egualmente caratterizzati, formanti al certo in origine una stessa massa continua, divisa poscia in più parti, con perdita della continuità e anche ordinariamente del parallelismo. Gli accidenti contemplati nel primo degli accennati casi presentano ciò che dicesi *stratificazione discordante*. Spesso, p. es., una massa stratificata di calcare mostra gli strati obliqui all'orizzonte, o raddrizzati fino alla verticale. Ma ad un certo punto quegli strati sono tronchi, formano un piano od una superficie irregolare qualunque, sulla quale si adagia una massa di strati orizzontali di arenaria. I casi di una juxtaposizione di masse stratificate diverse con diverse direzioni e inclinazioni possono moltiplicarsi indefinitamente. La figura 7 presenta, in via ipotetica, un caso, che si verifica in realtà chi sa quante volte.

Fig. 7. Esempio di stratificazione discordante.

107. Il secondo degli accennati casi si esprime col nome di *faglia* (francesismo da evitarsi) o di *salto*. Trattasi, per esempio, di una massa

osserva tante volte a piccola scala nelle roccie schistose, dove le flessuosità e i zig-zag si succedono in serie continua nel senso della testata, si verifica su scala vastissima nelle Alpi e nelle Prealpi, ove una curva ad asso approssimativamente orizzontale occupa vaste estensioni di paese. Ognun vede, che in questi casi avremo una sovrapposizione di identici strati dal basso all'alto, quindi una sorgente di difficoltà, di illusioni, di errori pel geologo meno oculato e meno avvezzo a colpire la stratificazione ne' suoi andamenti proteiformi. La forma degli strati a C vedesi ripetuta più volte nello spaccato naturale, delineato nella figura 4 (§ 88). Un'altra forma eccezionale, e che pure può dirsi caratteristica delle Alpi, è quella che si chiama *stratificazione a ventaglio* (fig. 9.) Salendo, p. es., da Airolo al San Gottardo, trovansi, precisamente nel letto del Ticino, degli strati dolomitici, quindi degli schisti amfibolici, dei micaschisti, dei gneis, ottimamente stratificati ed inclinati verso nord; passato il Gottardo gli strati si approssimano alla verticale, quindi insensibilmente ne divergono nel senso opposto, inclinando verso sud mano mano che si discende verso Andermatt. Ognun vede, che le testate di quella enorme massa stratificata disegnano quasi uno sterminato ventaglio. La stessa forma domina in tutti i gruppi giganteschi del Monte Bianco, del Lucomagno, ecc.

Fig. 9. Stratificazione a ventaglio.

110. Qui naturalmente nascerà nel lettore il desiderio di sapere quali e quante siano state le cause dei sollevamenti: poi in che modo si operarono: se furono bruschi o lenti, continui o intermittenti: di conoscere quindi gli effetti, che i sollevamenti dovettero produrre, modificando il rilievo del globo, mutandone le condizioni fisiche. A questi e a molti altri quesiti, i quali si affollano certamente nella mente del lettore, potrebbero sicuramente rispondere in qualche modo le stesse forme stratigrafiche considerate precedentemente. Ma la questione dei sollevamenti, o meglio delle oscillazioni della crosta del globo, come quella che ci conduce ad ammettere un lavoro di forze intestine, appartiene già per sè alla *endografia*. La soluzione di molti quesiti esige un gran numero di precedenti circa le formazioni stratificate o massiccie, che ancora ci rimangono ignoti. In ultima analisi io credo più opportuno lasciare per ora senza risposta tutti i quesiti che si riferiscono alle cause e agli effetti delle oscillazioni della crosta terrestre, continuando invece senz'altro a battere quella via, che ci si è

aperta davanti, e promette di metterci più addentro nei misteri del passato. Quasi senz'avvedercene infatti noi abbiamo già conquistato la chiave della cronologia del globo, abbiamo, cioè, trovato il modo, non solo di conoscere un numero immenso di avvenimenti, relativi alla storia del globo, ma di ordinarli cronologicamente, e di raccontare la storia stessa, come non si può sempre la storia di una nazione.

111. Se gli strati sedimentari sono fondi subacquei, per la maggior parte sottomarini, sovrapposti l'uno all'altro, come si vanno l'uno sull'altro sovrapponendo gli attuali sedimenti; questi strati rappresentano un gran lavoro, che le forze esogene hanno compito nel corso dei secoli, e le forze endogene hanno a suo tempo rivelato per mezzo dei sollevamenti: un grande lavoro.... cioè una lunga serie di effetti, tradotti in *fatti permanenti*, cioè in strati di diversa natura, di diverso spessore, ricchi di reliquie organiche diverse, che rimasero ordinati precisamente, sovrapponendosi l'uno all'altro successivamente, secondo la data della loro formazione. In fine le formazioni stratificate sono tanti volumi, belli e impaginati, che insieme comporranno un'opera, la quale si potrà intitolare con maggiore o minore ardimento: *Storia della terra*. Se la terra non avesse subito intestine rivoluzioni, gli strati si sarebbero semplicemente accumulati l'uno sull'altro: il secondo avrebbe coperto il primo, il terzo mascherato il secondo, l'ultimo infine li avrebbe nascosti tutti, riducendoci a leggere l'ultima pagina della storia del globo, che si sta ancora scrivendo. Praticando dei trafori, potremmo leggere qualche brano delle pagine anteriori. Ma fino a quali profondità ci è egli permesso di penetrare?... Quand'anco avessimo crivellato coi nostri pozzi e colle nostre miniere tutta la superficie della terra, quanta piccola parte del passato ci sarebbe nota! E quanti secoli, quante generazioni, prima di riuscire a un intento così meschino!... Ma la compagine della terra fu le mille volte smossa; gli strati furono rotti e sollevati; i mari si conversero in continenti; ciò che venne ordito nel profondo degli abissi si svela ora alla luce del giorno. Le contorsioni, i salti, le erosioni, hanno messo a nudo, su mille punti, e sopra vaste superfici gli strati che si vennero formando successivamente sotto le antiche acque. Il gran libro è lacerato, scomposto; ma intanto è reso leggibile. Gli strati più profondi sorsero talvolta a formare le più aeree cime: sulle vette delle montagne ci si svelano i misteri che si compirono nella cecità degli abissi. Il libro è dunque aperto: non ci rimane che di leggerlo, riparando col lavoro della mente a quel disordine che ce lo rese leggibile.

CAPITOLO VII.

PRINCIPI DELLA CRONOLOGIA STRATIGRAFICA DEDOTTI DALLA STRATIGRAFIA E DALLA PALEONTOLOGIA.

112. Su quali principî si fonda la geologia moderna per stabilire la cronologia del globo, per narrare cioè storicamente le diverse vicissitudini a cui andò soggetta la terra nel suo progressivo sviluppo? Spieghiamo meglio quanto abbiam detto sulla fine del capitolo precedente.

Considerata la stratigrafia nei rapporti col tempo, troveremo come la serie degli strati sia già per sè una vera cronologia. Che cosa sono infatti gli strati? Fondi marini sovrapposti l'uno all'altro immediatamente. Riduciamo gli strati alla loro primitiva orizzontalità, e potremo, senza alcuno sforzo, tradurre i loro rapporti topologici in rapporti cronologici, sostituire al concetto di sovrapposizione quello di successione. In questo concetto lo strato inferiore sarà il più antico, lo strato superiore sarà il più moderno; cento strati sovrapposti l'uno all'altro, e cento epoche, che si succedono l'una all'altra. Fu detto, chi sa quante volte, che la natura è un libro aperto a chi sa leggerlo: la geologia può dare alla frase un senso quasi letterale; gli strati, abbiam detto, sono i fogli di questo libro eminentemente storico; ogni pagina è esattamente numerizzata, e la storia del globo vi è scritta a tutto rigore di cronologia, anno per anno, giorno per giorno, ora per ora.

113. Immaginato quanto sia voluminosa e particolareggiata la stôria del globo! Secondo Dana, lo spessore degli strati sedimentari è complessivamente da 15 a 16 miglia. Se trattasi, come io credo, di miglia inglesi, avremmo uno spessore di oltre 24,000 metri. Gli strati sono spesso esilissimi, papiracei: eppure ogni straterello è una pagina del gran libro. Date in media agli strati uno spessore di 25 centimentri, e avrete trovato un modo assai facile di dividere la storia del globo in circa 100,000 periodi ben definiti.

114. Eccovi già spiegato in che consistano gli *argomenti stratigrafici*, i quali sono di continuo invocati dai geologi per stabilire l'epoca e i rap-

porti di uno strato o di una formazione. I principî stratigrafici, per rapporto alla cronologia, si riducono al seguente assioma: « all' ordine di sovrapposizione corrisponde l'ordine di successione. » Quanto ai rapporti dei diversi strati fra loro, si può tutto ridurre ad un secondo assioma: « gli strati allo stesso livello nella serie stratigrafica sono contemporanei. »

115. Una cronologia, quindi una storia del globo, colla applicazione di quegli assiomi semplicissimi, sarebbe la cosa più agevole del mondo, quando difatti gli strati sedimentari fossero rimasti l'uno sovra l'altro a mo' di pila; sempre inteso però che si trovasse modo di penetrare quella enorme crosta di 15 a 16 miglia, che involgerebbe tutta unita il globo. Voi sapete che ben altrimenti è la cosa. Le contorsioni, i dislocamenti, tutti gli effetti infino delle oscillazioni della crosta terrestre, se per una parte hanno ajutata, dirò anzi resa possibile, la scienza, producendo l' affioramento degli strati, dall'altra hanno disturbato profondamente la serie degli strati, e creato una grande difficoltà alla scienza, la quale, prima di stabilire stratigraficamente la cronologia del globo, deve ricomporre quella informe massa, sconvolta, spezzata in mille frantumi, accatastati talora in disordine, rovesciati l'uno sull'altro, sconciati in mille modi dagli agenti degradatori. In una poco estesa regione, ove per avventura una serie di strati si mantenga in regolare successione, potrà il geologo incominciare lo studio della cronologia geologica; ma appena più in là una sinclinale gli sprofonda i suoi strati entro le viscere del globo, un *salto* gli fa perdere di botto le traccie dei depositi. Le erosioni poi hanno reso veramente impossibile lo studio di una regione appena vasta, sopra semplici dati stratigrafici. Una anticlinale, p. es., già spezzata dalla forza del sollevamento, sarà in guisa scemata dall' erosione, che le *gambe* rimaste figurino, non più come ripetizioni degli stessi strati, ma come una serie di altri strati. Vi richiamerò soltanto il caso degli strati a C (§ 109). Immaginate adunque una massa di strati, che si ripieghi sopra sè stessa, formando appunto un C; supponete ora, che la curva, ossia il dorso, del C si distrugga per effetto di erosione: non resteravvi che una pila di strati sovrapposti ove nulla appare, in linea semplicemente stratigrafica, che possa salvarvi dall' errore di credere d'avervi innanzi una serie successiva di strati, invece di una serie ripetuta. Voi, contando, in base a questo errore, piglierete l'identico strato come il più antico e come il più moderno.

116. Supponghasi infatti, che d'una massa di strati *a b e f* (fig. 10) sia stata tolta via dalla erosione la porzione *a b c d*, in cui si determina il ripiegamento: non rimarrà che la porzione *c d e f*, in forma di una pila di strati orizzontali sovrapposti. In base alla semplice stratigrafia voi conterete dal basso all'alto 8 strati, rappresentanti 8 successivi periodi di

sedimentazione. In realtà non si tratta che di 4, duplicati dal ripiegamento. Lo strato n.° 8 non è che lo strato n.° 1 ripiegatosi sopra sè stesso; lo strato n.° 7 non è che lo strato n.° 2, e così di seguito. Che cosa mai potrebbe fare accorti dell'errore?

Fig. 10. Illusione prodotta dalla erosione di strati a C.

117. Il caso è tutt'altro che ipotetico. Il gruppo dell' Albenza, ossia delle montagne che sorgono tra il territorio di Lecco e la valle Imagna, a cui appartiene lo spaccato già delineato nella figura 4, ne offre esempî a migliaja. Uno de' più specchiati si osserverà con piacere da chi visita la bella cascata della Galavesa, detta la *Tinella*, sotto Erve. Ai limiti occidentali del piccolo altipiano, che sostiene il villaggio, la valle si sprofonda in un orrido burrone, a pareti verticali, che si prolunga in una gora, fiancheggiata ugualmente da rupi tagliate a picco, ove si legge, mirabilmente espressa, la serie degli strati, che presenta uno dei casi più singolari di rovesciamento.[1] Il torrente Galavesa trova il fondo del burrone con un salto di circa 60 metri. Come mostra il disegno (fig. 11), che io devo alla gentilezza dell'architetto Vincenzo Monti, la parete, da cui si precipita il torrente, presenta un bellissimo esempio di *strati a C*. Il disegno non comprende che la curvatura, ossia la volta sinclinale;[2] ma le due gambe si prolungano parallelamente per qualche centinajo di metri, di modo che gli strati divengono orizzontali e paralleli, e si ripetono al basso e all'alto, precisamente come è espresso, in via teorica, dalla figura 10.

118. Gli accidenti del suolo si uniscono a rendere ad ogni tratto impossibile il tener dietro alla successione degli strati. Un bosco, un precipizio, il terriccio sparso ovunque, ecc., vi troncheranno ad ogni pie' sospinto la numerazione degli strati, anche dentro i più angusti limiti di

[1] Salendo per la via tra Lecco e Bergamo fin sotto i denti del Resegone, si mostrano sovrapposti l'uno all'altro in serie regolarissima i seguenti terreni: 1.° Marna e arenarie della creta; 2.° Calcare o marmo majolica, o creta inferiore; 3.° Calcare rosso siliceo ad aptichi, equivalente dei terreni giuresi, superiori al lias; 4.° Calcare rosso ammonitico, o lias superiore o medio; 5.° Calcare di Saltrio, o lias inferiore; 6.° Schisti e calcari dell'infralias; 7.° Dolomia ad *Avicula exilis*, o parte superiore del trias superiore. Qui adunque, come vedremo più tardi, gli strati si succedono dai più recenti ai più antichi, dai superiori agli inferiori, cioè la serie è perfettamente rovesciata per effetto della curvature prodotte dal sollevamento.

[2] La curva descritta è appunto una sinclinale, in quanto che gli strati interni sono i superiori, e gli interni gli inferiori. Questo può dirsi essendo già noti altrimenti i rapporti stratigrafici di quegli strati; ma nella curva, presa per sè, sarebbe impossibile determinare quali siano gli strati superiori, e quali gli inferiori.

una provincia, di un territorio. Che sarà poi quando vogliate riannodare la serie degli strati al di là dei monti, al di là dei mari? »

Fig. 11 — Cascata della Galavesa sotto Erve.

In fine, mentre la stratigrafia ci offre *a priori* i più sicuri, anzi gli unici sicuri argomenti di una cronologia stratigrafica, diventa la meno applicabile in pratica, quando si voglia agire oltre certi confini, che sono sempre estremamente angusti in confronto dell'estensione di quel globo, di cui vogliamo conoscere la storia. La pura stratigrafia ci avrebbe dato un mondo di cronachette, non mai una storia. Per buona sorte la stratigrafia ha degli ausiliari che ne suppliscono le insufficienze.

119. Una seconda serie di argomenti, di cui può infatti giovarsi la cronologia, consiste nei caratteri litologici degli strati sedimentari. Tutto sarebbe finito quando potessimo stabilire, per assioma, che le *roccie di natura identica sono contemporanee*. Anche in oggi abbiamo i fondi marini divisi a seconda della natura mineralogica: ove predominano le argille, ove le sabbie, ove i calcari incrostanti, ecc. Ciò vuol dire che, quando un dato fondo si sollevasse, avremmo degli strati argillosi, arenacei, calcarei. Ma sullo stesso fondo, stante i continui mutamenti, si possono radunare sedimenti diversi, secondo le diverse epoche; la natura del sedimento non potrà quindi illuminarci circa l'epoca del sedimento stesso? Suppongo tre strati sovrapposti: l'uno calcareo, l'altro arenaceo, il terzo argilloso. Siano questi strati sollevati, spezzati, dispersi. Non potrò io ristabilirli sullo stesso piano, semplicemente unendo calcare a calcare, arenaria ad arenaria, argilla ad argilla, e ricercarmi quindi le tre epoche successive? Entro certi limiti certamente; ma ancora questi limiti saranno molto angusti, e col pericolo di farci cadere in errori assai difficili ad evitarsi.

120. Cominciamo a dire infatti che se nella stessa epoca si producono sul fondo marino diversi depositi, secondo i diversi luoghi, la litologia non potrà più essere base di una cronologia generale. Siccome poi le forme litologiche si riducono ad un piccol numero di tipi, i quali si producono anche attualmente, e si produssero nelle diverse epoche del globo; può avvenire, e devo esser avvenuto troppo facilmente, che un deposito, il quale si formava in un luogo in data epoca, si riproducesse in diverso luogo in altra epoca. Ritenendo contemporanei diversi strati, perchè di natura litologica identica, arrischierei di dire contemporanei degli strati, che forse si seguirono l'un l'altro alla distanza di miriadi di secoli.

121. Certamente, ripeto, la natura litologica, sotto un modico orizzonte, può servire di guida al geologo; essendochè le forme litologiche più ordinarie, come i fanghi, le ghiaje, le argille, occupano vastissime estensioni sui fondi dei mari attuali. Se io trovo quindi in una data regione una puddinga, un calcare, una roccia qualunque ben caratterizzata, associata ad altro puro ben caratterizzato, o veggo le stesse roccie apparire a riprese qua e là, posso scommettere il cento per uno, che tutti quei lembi dispersi apparten-

gono all'identica formazione. Ma, ripeto, bisegna diffidare. Se poi si tratta di regioni appena discoste l'una dall'altra, allora i caratteri litologici non avranno più nessun valore, o avranno appena un valore affatto secondario, quando altri caratteri concorrano a stabilire l'epoca degli strati. Alcuni esempi, raccolti da formazioni, che hanno già una sicura rappresentanza nella serie cronologica dei terreni, serviranno a ridurre alle debite proporzioni nella vostra estimazione il valore de'caratteri litologici.

122. Conosciutissima, per la forma litologica e per la posizione stratigrafica, è la *creta bianca*, che occupa così vasta estensione della Francia, dell'Inghilterra, ch'è in fine una delle più vaste formazioni d'Europa. In Italia però non c'è briciolo di quel calcare bianco, terroso, la cui forma litologica è già ritenuta come un ottimo orizzonte. Eppure un terreno equivalente si riconosce fra noi: sono calcaree marnose, sono arenarie, estesissime nella Italia settentrionale. Se nell'Italia settentrionale si potè fissare un terreno equivalente, cioè contemporaneo, alla *creta bianca*, che non vi esiste; non è certo in base ai caratteri litologici che tale equivalenza venne stabilita. Gli strati ad *Avicula contorta* segnano, come vedremo, un vero orizzonte attraverso tutta l'Europa; ma se essi strati constano di arenarie in Inghilterra, nella Svevia, ecc., constano invece di strati calcari e di schisti marnosi in Baviera, in Lombardia, ecc.

123. Se, come lo provano gli esempi citati, la forma litologica non ha il vanto di poter tracciare un orizzonte attraverso la sola Europa, non lo ha spesso nemmeno, io dissi, entro gli angusti limiti di una provincia. Qual più sicuro orizzonte del nostro *calcare rosso ammonitico* di Lombardia,[1] il quale pel suo rosso vivissimo di mattone, si discerne anche da lungi di mezzo ai calcari bianchi, che lo coprono, e ai nerastri che lo sopportano? Ma calcari e marne color rosso di mattone troviamo sviluppatissimi nell'*eocene*, quindi nel cretaceo, poi nel triasico: nè mancò l'eguaglianza del carattere litologico di trarre più volte in inganno i più oculati osservatori. Oltre l'inganno, che può crearsi entro sì angusti limiti dalla ripetizione della stessa forma litologica a diversi livelli nella serie stratigrafica, dobbiamo temerne un altro, in cui ci possono trascinare le rapide metamorfosi dell'identica formazione. Lo stesso calcare rosso ammonitico, p. es., che conserva il suo rosso di mattone dal Lago Maggiore fino alle sponde occidentali del lago d'Iseo, si metamorfizza bruscamente quando tocca le sponde orientali del lago stesso, e costituisce il calcare idraulico nero, bituminoso di Pilzone. Impareremo a conoscere la formazione di *Saltrio*, una massa calcarea, che ha la rappresentanza del

[1] È il calcare rosso, ricchissimo d'ammoniti, appartenente all'epoca del lias, che si trova nelle notissime località del Buco-del-piombo sopra Erba, di Suello, ecc.

lias inferiore in Lombardia. Ebbene, sulla breve linea che esso percorre dal lago di Como al Lago Maggiore, mostrasi prima come massa calcarea di un nero di fumo sulle sponde stesse del lago di Como, quindi di calcaree bianchiccio o gialliccie a Saltrio, poi di grès e di brecciola calcarea a Viggiù o finalmente di calcare eloritico ad Induno.

124. I caratteri mineralogici sono adunque molto equivoci, e assolutamente inetti a stabilire da soli i rapporti tra le diverse formazioni, ed a servir quindi alla cronologia stratigrafica. Faremo grazia soltanto allo roccie intercluse, ai ciottoli costituenti le puddinghe o la breccie. È un carattere litologico che fu già fecondo di risultati cronologici importantissimi, e che può divenirlo assai più, una volta che sia un po' meglio coltivato lo studio comparativo tra i frammenti delle roccie intercluse e lo masse rocciose da cui essi frammenti furono forse derivati. Anche qui si può stabilire per assioma, che — uno strato od una formazione sono posteriori ad un'altra di cui contengono i frammenti. — Ciascun vede, che questo dato cronologico può applicarsi non solo alla ricognizione dell'epoca relativa delle formazioni sedimentari, ma ci deve servire stupendamente a stabilire i rapporti cronologici tra le formazioni sedimentari o lo formazioni di un'altra origine qualunque. Gli è perciò che ci riserviamo di dare sviluppo a questo punto, quando ci troveremo impegnati nella difficile questione di stabilire la successione delle roccie eruttive e dello roccie cristalline in genere.

125. Dichiarati insufficienti i dati stratigrafici del pari che i dati litologici, ci restano altri argomenti per stabilire sopra basi più inconcusse una cronologia stratigrafica? Sì, certamente: ci restano le reliquie organiche, i fossili.

Qui fermiamoci come ad uno dei punti più importanti della teoria geologica. — La distribuzione dei fossili, come svela tanti fatti relativi allo stato in cui si trovarono gli antichi fondi marini, così potrebbe certamente illuminarci circa i rapporti di successione degli strati. Siccome le specie sono distribuite secondo la natura dei fondi, secondo i climi, ecc., le specialità di loro distribuzione potrebbero divenire, entro certi limiti, altrettante caratteristiche, e giovarci quindi nella ricomposizione delle formazioni sconnesse. Ma infine, qualunque strato componente la crosta del globo, poteva contenere le identiche specie, purchè si fossero verificate le identiche condizioni di originaria giacitura. Quell'ostrica, per esempio, che avessi trovato al primo gradino della scala stratigrafica in Italia, mi si poteva presentare all'ultimo in Francia.

126. Come è adunque, che i fossili meritarono il nome di *medaglie della creazione?*... Se le zecche d'ogni tempo avessero sempre battuto gli stessi coni, l'archeologia, e più parzialmente la numismatica, non sarebbero nem-

mon nate. Ebbene, se l'Autore della natura avesse sempre creati gli stessi animali, non sarebbe nemmen nata la paleontologia stratigrafica. Ma ogni conio risponde ad un'epoca, e nel gabinetto del numismatico voi vedete da lungo tempo schierati in ordine cronologico quanti vi ebbero imperi e repubbliche: nello stesso modo precisamente voi trovate nel gabinetto del paleontologo tutta la serie dei tempi, tutte le rivoluzioni del globo, partendo dal primo istante in cui Iddio disse: *germini la terra.*

127. Voi vedete, che qui si tratta di un fatto, di una cognizione, che direbbesi *a posteriori: a priori* questo fatto non poteva nemmeno supporsi. È un fatto, che serve di base alla geologia; eppure è una scoperta della geologia. Per spiegarci un tale paradosso faremo un po' di storia della paleontologia, ma per sommi capi, e veramente alla buona, saltando a piè pari quanto sappia di pura erudizione. Chi desiderasse di conoscere per appuntino quanto riguarda il progressivo sviluppo della paleontologia, consulti l'eruditissimo discorso premesso dal Brocchi alla sua *Conchiologia subapennina*. Questo discorso tuttavia non ci condurrà che al limitare della moderna scienza. Quando non si vogliano leggere le grandiose opere paleontologiche, ovvero la voluminosa opera, *Storia dei progressi della geologia* del d'Archiac, potrà bastare, come supplemento, la *Memoria* da me pubblicata nel giornale *Il politecnico* (Vol. XIX, XX), col titolo: *Dei precipui fatti della Paleontologia.*

128. La storia di una scienza è parte integrante della scienza stessa. È un lavoro umiliante questo di dover riandare quella serie di errori, attraverso la quale, con grave stento, riuscirono a svolgersi i veri più semplici, più evidenti. La storia della paleontologia [1] è, come quella d'ogni scienza, una storia di aberrazioni, che umiliano, ripeto, l'umana ragione. Ma questa umiliazione è salutare. La diffidenza, scevra da scetticismo, non lasciandoci superbire dei risultati, ci spinge a indagare il vero, con tutto il rigore della logica, ponendoci in guardia dalla leggerezza e dalle passioni che ci possono fuorviare, come dalle illusioni che ci possono arrestare in sulla via. Ci ha poi l'altro vantaggio che, rifacendo colla storia alla mano il cammino della scienza, i veri ci si svolgono dagli errori come la luce dalle tenebre, e le convinzioni ci si maturano nella mente al modo stesso, che si maturarono nelle generazioni scorse.

129. La storia della paleontologia è storia di lotte, come quella di tutte le scienze. Vi combattono la ragione e l'amore della verità da una parte,

[1] La *paleontologia* da παλαιος antico, ὀντος ente, λογος discorso, è la scienza che si occupa degli esseri antichi, in senso più preciso degli esseri organici, cioè degli animali e delle piante, che popolarono il globo nelle epoche anteriori alla nostra.

il pregiudizio e la passione dall'altra. Gli antichi son ben lungi dal mostrare di aver sentito da parte della natara quell'attrattiva, che spinse i moderni ad indagarne i misteri. La natura era da loro contemplata e sentita, come si contempla e si sente dal poeta. Il sentimento di essa si rivela nelle cosmogonie degli orientali, e trabocca specialmente nella Bibbia: ma è il sentimento della natura viva, dei fenomeni che si presentano al senso; di un ordine ammirabile che si sente più che non si conosca, si gusta più che non si ragioni. Delle cause dei fenomeni poco o nulla si preoccuparono gli antichi, i quali, portati da an certo sentimento istintivo, si spingevano di slancio alla *causa prima*, paghi di considerare la natura come naa rivelazione di un essere supremo, creatore potentissimo. Questo sentimento si rivela robustissimo negli orientali, mentre resta lungo tempo sopito negli occidentali, certamente più riflessivi, ma assorbiti da quella attività politica che fe' della Grecia una nazione degna di sedere in un congresso dei più civili fra i popoli moderni, e di Roma la conquistatrice del mondo. Humboldt ha fatto mirabilmente risaltare quanto al progresso delle scienze naturali abbia primitivamente influito la fusione degli occidentali cogli orientali, iniziata colle imprese di Alessandro Magno, e compita coll'assoggettamento dell' universo sotto lo scettro di Roma. Le opere di Erodoto, di Strabone o di Pitagora possono citarsi come quelle che iniziarono l' umanità a questo studio della natara, cho doveva più tardi per tanta parte assorbirla. Quest'ultimo nominatamente attinse in Oriente le sue dottrine sulle rivoluzioni del globo, che furono poi così mirabilmente esposte, ossia cantate, da Ovidio nel XV delle *Metamorfosi*. Quel libro è an vero trattato di geologia, dettato nel linguaggio del poeta: ci vediamo le terre convertite in mari, e i mari in terre; le conchiglie marine disseminate in seno ai monti; l'áncora gettata sulle vette dei colli.[1] Fa meraviglia il vedere con tutto ciò come Aristotile e Plinio, i due grandi naturalisti dell'antichità, tutti in-

[1] Il concetto geologico di Ovidio, o piuttosto di Pitagora, è di una pienezza veramente singolare, attingendo quasi alla sommità della sintesi, a cui si spinse la moderna geologia. Quel concetto non si limita ai cambiamenti parziali e superficiali, di cui l'esperienza potè rendere edotti gli uomini in ogni tempo; ma abbraccia vere rivoluzioni telluriche, suppone radicali mutamenti nella costituzione del globo, alla scoperta dei quali (prescindendo da ciò che gli antichi saggi possono aver attinto dalla Bibbia) non si poteva giungere che per via di deduzioni, in base a quegli stessi fatti, sui quali si fondano i moderni sistemi di geologia. Nè il concetto di Ovidio si arresta, come pur fanno molti anche attualmente, soltanto all' idea del sollevamento delle montagne dal seno degli antichi mari; ma coglie pur nettamente l'idea della continua alternanza di sollevamenti e di abbassamenti, del rimutarsi continuo della superficie terrestre, per cui, non solo sorsero dal mare quei continenti, che si vedono, e che, colla presenza degli organismi marini, affermano la propria origine marina; ma si sommersero le antiche terre, le quali non si vedono, e cui la mente soltanto discopre in seno agli

tesi a narrarci le meraviglie del mondo organico presente, non si siano punto preoccupati delle reliquie dei mondi passati, sicchè l'èra antica si chiude, prima quasi che l'umanità si fosse proposto seriamente il quesito delle origini del globo, ne avesse cercato la soluzione nello svolgimento delle cause naturali, e avesse badato alle reliquie dei mondi che furono, le quali pure in tanta copia svolgevansi dalle zolle, rivoltate dall' aratro che convertiva in campi ubertosi le primitive foreste.

130. Il medio-evo, nelle cui caligini quasi si spegneva quanto aveva di più luminoso l' antica civiltà in ordine alle arti e alle scienze, non era fatto certamente per raccogliere e riflettere concentrati i primi albori di una scienza nuova, per fecondare gli scarsi semi che di questa scienza aveva sparso l' antichità. Bisogna discendere fin verso la metà del secolo XIV per trovare uno scritto che faccia menzione dei fossili; e questo scritto è il romanzo del Filicopo, ove il Boccaccio coglie l' occasione di mentovare le conchiglie, di cui rigurgitano, fino a rimanerne isteriliti, i terreni subappennini, e ne parla con enfasi, pigliandole come testimonî del soggiorno del mare sul continente. Ecco a qual punto si trova la paleontologia in quel secolo, in cui si radica, per dir così, la moderna civiltà, che delle naturali scienze così splendidamente s' ingemma. E quanto cammino ci resta ancora, quante scienze debbono nascere e svilupparsi prima di quella di cui narriamo la storia! Se tuttavia mi si dodomanda quando essa nacque, rispondo: la paleontologia nacque sul principio del secolo XVI, e nacque in Italia, che fin quasi ai nostri giorni levò sì alto la bandiera di una scienza, che, nelle sue origini, si può dire, senza tema di venire contraddetti, una scienza tutta italiana.

131. Un nome celeberrimo, l'ingegno forse più enciclopedico che onori l'Italia, sommo artista e sommo scienziato, che coltivò a un tempo le lettere, la pittura, l'architettura civile e militare, la meccanica, l' idraulica, l'ottica, la balistica, lasciando impressa in ogni campo dell'umano sapere

---

attuali oceani. E poco mancava al Poeta, o piuttosto all'antico Filosofo, perchè, scoperto il primo fattore delle rivoluzioni telluriche nella degradazione che demolisce i continenti (*Fluvie mons est deductus in æquor*) trovasse l' altro fattore, cioè le oscillazioni interne per cui i fondi marini si sollevano a ristorarli.

Vidi ego, quod fuerat quondam solidissima tellus,
Esse fretum: vidi factas ex æquore terras:
Et procul a pelago conchæ jacuere marinæ:
Et vetus inventa est in montibus anchora summis,
Quodque fuit campus, vallem decursus aquarum
Fecit: et eluvie mons est deductus in æquor;
Eque paludosa siccis humus aret arenis:
Quæque sitim tulerant, stagnata paludibus hument.

un' orma luminosa e profonda, un genio, al cui sguardo penetrante nulla sfuggiva dei fenomeni della natura e delle forze che impiega a produrli, non poteva non soffermarlo un istante su quelle montagne di cui la forma, la struttura, tutti gli accidenti sono altrettanti problemi atti a infondere nell'animo di un pensatore la smania delle scoperte. Quel brano di scritto, sul quale quella mente creatrice delineava, per così dire, lo scorcio del suo sistema geologico, e che tratto alla luce così tardi, [1] fece inarcare le ciglia ai geologi più provetti, che vi scoprirono in germe le teorie più sudate, ci mostra, come in quel tempo, non egli soltanto, ma altri avessero portato la loro attenzione sulle reliquie organiche sepolte nelle viscere della terra. Ma mentre gli altri, raggirati dalla vertigine delle idee allora vigenti, cercavano nella influenza delle stelle la ragione dei fossili, egli traeva da quel fatto un sistema, che si può chiamare un miracolo d' intuizione. — Gli strati, ripieni di spoglie petrefatte, si deposero un giorno sul fondo del mare. Fu a spese di terre primitive, corrose dalle correnti, che tali sedimenti si deposero. Le conchiglie, impietrite in seno ai monti, colà stesso hanno vissuto, quando il mare stendeva su que' luoghi il suo dominio, e furonvi sepolte, mano mano che strato sovrapponevasi a strato. Quei fondi marini furono poscia sollevati all'altezza dei monti, e *ciò che era un tempo fondo del mare, è divenuto la sommità delle montagne.* — La geologia odierna può ella rigettare un jota di questi dettati di Leonardo da Vinci? Se i progressi delle scienze si misurassero coi passi giganteschi di certi geni precursori, a quale altezza avrebbero già attinto la geologia e la paleontologia! No, le scienze non camminano così: la voce del genio è dai pochissimi accolta, dai più soffocata e contraddetta, per cui vediamo la paleontologia, invece di camminare diritta la via che Leonardo le aveva dischiusa, avanzarsi a stento, barcollante, in mezzo agli spintoni della turba de' mediocri, intesi a forviarla, ad arrestarla, a farla a ogni tratto indietreggiare.

132. Se io volessi narrare la storia della paleontologia, riportando le opinioni degli autori ordinati cronologicamente, vedrebbesi come fu un continuo saliscendi, un continuo alternarsi di progressivi dettati e di regressivi assurdi. A questo modo venne narrata dal Brocchi [2] o dal Lyell, [3] che ne ricalcò le orme, rendendo agl' Italiani quell'onore, immune da ogni sospetto di adulazione, che esce dalla bocca dello straniero. Nel breve

---

1 VENTURI, *Essai sur les ouvrages de Léonard Vinci.* Paris, 1797.

2 *Discorso sui progressi dello studio della conchiologia fossile in Italia*, premesso all'opera *Conchiologia fossile subapennina* Milano, 1814.

3 *Principes de géologie.* Paris, 1843.

sunto che io sto per darne, segnirò altro metodo, passando in rassegna i veri principali, conquistati successivamente in mezzo alle continue lotte, e costituenti nel loro complesso il corpo della moderna scienza. Questi veri fondamentali si riducono a quattro, o segnano appunto quattro grandi passi che la paleontologia mosse successivamente, per conquistare quel seggio fra le scienze positive o dimostrate, che nessuno ormai le contende.

133. Il primo vero si può formulare così: — *I fossili sono veramente reliquie di esseri organici, vegetali o animali, che vissero un tempo sulla superficie della terra.* — Noi, che al presente passeggiamo estatici le vaste gallerie, ove si radunano così fitte le generazioni degli antichi mondi, richiamati a vita novella; noi, che ci dilettiamo, nel contemplare le forme vaghe e bizzarre di tante migliaja di conchiglie, ove brillano ancora i nativi colori e luccica la madreperla, tanti pesci, ancora coperti di lucide squame, provvisti di natatoie, armati di denti, tanti scheletri di orsi feroci, di rinoceronti ed elefanti colossali, di delfini, di balene, infine di animali d'ogni genere, cui l'occhio soltanto esercitato del naturalista distingue dagli animali viventi; noi, dico, possiamo meravigliarci, che questo semplicissimo vero non sia apparso in tutta la sua evidenza ai primissimi osservatori, o, scoperto, sia stato un solo istante rivocato in dubbio. Eppure la conquista di questo vero semplicissimo (e il vero si può dire conquistato soltanto quando passa nelle convinzioni della universalità) costò oltre due secoli di lotta accanita. Invano Leonardo da Vinci lo aveva proclamato, come l'abbiam detto, verso il 1500. Ci inoltravamo in quell'epoca memorabile, in cui la smania del filosofare su tutto, di sofisticare anche sui veri più evidenti, era divenuta una malattia mentale universale, in cui l'abuso della scolastica si risolveva in una vera ginnastica di assurdi. Verso la metà del secolo XVI noi troviamo un'Agricola in Germania, il quale spiega i fossili come originati da non so quale *materia pingue* messa in fermento dal calore, e un Mattioli, che ne addotta le dottrine in Italia: sentiamo il celebre Faloppio, che le conchiglie impietrite vuole generate sul luogo mediante la fermentazione, o il movimento vorticoso delle esalazioni terrestri, e dubita assai non sia questa l'origine delle olle che si scavano dal monte Testaceo in Roma. Più tardi (1574) il Mercati, mentre illustra le conchiglie fossili, non vi riconosce che altrettante pietre, configurate dall'influenza degli astri. Olivi si accontentava di chiamare i fossili *scherzi di natura*. Si spinse la cosa fino a immaginare una vita serpeggiante in seno alle montagne, e capace di popolarle di piante o di animali. Così l'Imperati (1599) ammette, che le pietre possano vegetare; il Quirini (1676), che i testacei possano formarsi

in seno ai monti, come si formano in seno alle acque, e che, in ogni caso, germi di conchiglie e di pesci siansi trovati disseminati insieme agli olementi cho compongono le roccie, e siansi quindi sviluppati in virtù della umidità. Aggiungete ai nominati il Baglivi, che scrisse un trattato, *Della vegetazione delle pietre*, il Cardano, che feco un passo più avanti accordando alle pietre anima e vita, e l'Etmullero, che coronò l'edificio di un sistema così brillante, sostenendo che le pietre hanno ancho la facoltà di partorire. I citati autori ci conducono già al principio del secolo XVIII. A qual punto era la paleontologia in quest'epoca, due secoli dopo gli splendidi dettati di Leonardo da Vinci, se il segretario generale dell'Accademia reale delle scienze in Francia poteva dichiarare nel 1703 como molto plausibile, che le conchiglie e i pesci fossili siano stati deposti dalle correnti sotterranee del mare, e che i loro germi siano stati sollevati dalle esalazioni acquee, e introdotti nell'interno delle roccie?

134. In mezzo a tante aberrazioni è glorioso per l'Italia il vedere in quanto onore vi fossero tenuti gli studî di scienze naturali. Siamo, per dir così, relativamente all'Italia, nel secolo d'oro della geologia o della paleontologia. I musei, le collezioni paleontologiche adunate in quei tempi, e più ancora le splendide opere pubblicate sui fossili, non hanno nulla da invidiare a quanto più tardi, nei tempi recentissimi, fecero e pubblicarono gli stranieri. Ma gloria ancor maggiore danno al genio italiano gli illustri, che si opposero, cogli studî più infaticati, e colla logica più rigorosa, a quella frenesia d'errori che travolgeva i più.

135. Fin dal 1517 il celebre Fracastoro s'era posto a combattere le diverse opinioni e a dichiarare apertamente, parlando delle conchiglie impietrite, che quei nicchi appartengono a veri animali, i quali vissero e si moltiplicarono dove ora si raccolgono le loro spoglie, e che le montagne, per conseguenza, risultano di depositi formati sotto il mare. Stenone sostiene più tardi (1679) la stessa tesi, distinguendo anche i fossili secondo il diverso loro stato di conservazione, cioè i semplicemente calcinati, da quelli impietriti, cioè imbevuti da un succo lapideo, e le vere conchiglie, dai nuclei, che si sono modellati nella loro cavità. Lasciando di parlare del Vallisnieri, del Colonna e di altri, di cui diremo più tardi a miglior uopo, il merito di avere espressamente combattuti gli errori del tempo, e d'aver messa in luce la natura dei fossili è devoluto al siciliano Scilla. Il suo libro s'intitola della *Vana speculazione disingannata dal senso*, e sul frontispizio è figurato il Genio dell'osservazione, situato sopra una montagna sparsa di corpi marini, che presenta una di quelle spoglie a un fantasma rabbuffato, in cui volle simboleggiata la filosofia aristote-

lica, che vede e tocca, eppur non crede. Nel corso dell'opera poi si scaglia fieramente contro la mala fede, l'ostinazione, la goffa credulità e l'insulso vaniloquio dei naturalisti, di cui udimmo gli assurdi.

136. Conquistato, con due secoli di lotta, il primo vero paleontologico, passato cioè nel dominio della scienza commune, essere i fossili reliquie di veri organismi, si poteva fare un altro passo, e stabilire il secondo vero, il quale si annuncia così: — *I fossili sono organismi, che vissero là, dove si trovano le loro spoglie.* — Se il primo vero trovò menti così ritrose, con quanta fatica doveva farsi strada il secondo! Si trattava nientemeno che di ammettere, che tanti milioni di conchiglie marine, di coralli, di pesci, i quali si scoprono su tutta l'estensione dei continenti, sin sulle vette più eccelse delle montagne, non vi erano già state trasportate da una forza qualunque, ma ci avevano vissuto come in proprio elemento. Bisognava dunque ammettere un totale rimutamento della superficie della terra; ammettere, che spumeggiassero i fiotti del mare, là ove si rizzano oggi le creste dei monti. Le menti dovevano sentirsi come smarrite al presentarsi di un'idea così nuova, al vedersi costrette, per spiegare un fatto, prima trascurato come di nessuna importanza, poi considerato come una semplice curiosità, ad ammettere il completo rovescio del presente ordine tellurico. Abbiam veduto, come il concetto di una completa rivoluzione del globo fosse stato già afferrato arditamente da Leonardo da Vinci, e più tardi da altri, i quali vi si trovarono costretti dalla logica necessità del fatto. Ma la turba dei filosofanti, la quale negava ostinatamente che le conchiglie fossero conchiglie, e i pesci fossero pesci, avrebbe poi ammesso un fatto così contrario al senso, e che doveva stabilirsi, benchè necessariamente, per semplice induzione? Io credo tuttavia, che la conquista del secondo vero, imposto da una necessità logica, sarebbe stato più facile e più breve, se la teologia, erronea alla sua volta come la filosofia, non si fosse impadronita così tenacemente di un fatto, che si offriva a prima vista come prova la più sicura di quanto già si riteneva altrimenti da tutti, come cosa rivelata e in accordo colle più antiche e colle più universali tradizioni dei popoli. Anche ai dì nostri, ora che la geologia registra tante successive rivoluzioni del globo, e numera e descrive tante flore e tante faune, che apparvero e scomparvero successivamente col volgersi di tante miriadi di secoli, anche ai dì nostri, ripeto, accade sovente di incontrarci con persone, anche erudite, le quali, osservando le reliquie marine radunate dalle parti più interne e più elevate dei continenti, si confortano senz'altro di questa prova irrefragabile del diluvio noetico, e si scandalizzano di chi pensa altrimenti, quasi il diluvio stesso si negasse, rifiutando una prova, la quale non esiste che

nella loro ignoranza. Stabilite un dogma dell'errore, e avrete fatto della verità un'eresia. Alla luce divina delle scritture non nocquero soltanto la rabbia e la insensatezza degli increduli, ma anche, e forse più, lo zelo non illuminato dei commentatori e degli apologisti.

137. L'idea, che dal diluvio noetico dovesse ripetersi la presenza delle spoglie marine nell'interno dei continenti, dovette nascere naturalmente colla prima convinzione, che si ebbe riguardo alla vera natura dei fossili. Ma già il Fracastoro nel 1517 faceva osservare, come il cataclisma narrato dalla Bibbia era stato passaggiero e affatto superficiale. Come mai quelle reliquie d'animali marini si troverebbero a qualunque profondità? Ma il sistema diluviano, più che in Italia, fu sostenuto in Inghilterra, quando la scienza geologica aveva pure già fatto dei passi considerevoli. Si deve specialmente a Woodward d'averlo sostenuto con quel corredo di dottrina, che pur troppo riesce facilmente a dare al falso l'aspetto di vero. Quanti confutarono poi la teoria diluviana, non la presero a combattere sott'altro nome, che sotto quello di *sistema di Woodward*. Secondo questo naturalista eminente, durante il diluvio mosaico, tutto il globo terrestre era stato, in certa guisa, macinato e disciolto nelle acque: gli strati si erano formati in seguito, originati da quella massa caotica tenuta in sospensione, che le acque, mentre si andavano chiarificando, depositavano a guisa di un sedimento terroso qualunque, che sia tenuto sospeso o disciolto in un liquido. Fa maraviglia a prima giunta il vedere come in Inghilterra si combattesse con tanto furore in favore di una tesi, che trovava invece in Italia così liberi e vigorosi oppositori. Ma la Riforma, abolendo l'autorità parlante, si era appiccicata tenacemente all'autorità scritta. La verità della Bibbia è il dogma fondamentale del protestantesimo. Il principio della libera interpretazione non fu nè sempre nè ovunque inteso ugualmente dai protestanti, che si ebbero ancora e ministri, e cattedre, e chiese, e concilî. In Germania, p. es., proclamato e applicato con maggior libertà, condusse più presto al razionalismo. In Inghilterra invece, ove nella chiesa ufficiale conservossi, per dir così, lo schema della chiesa cattolica, con vescovi, presbiteri e concilî, l'accordo era una necessità: ed essendo impossibile trovarlo nelle opinioni dei singoli, era par uopo cercarlo nella unità della parola rivelata. Comunque, verso la fine del secolo XVII corse un'epoca, che si direbbe di vero furore biblico, durante la quale (parlo sempre dell'Inghilterra) i plutonisti, quelli cioè, che ripetevano, in genere, da forze interne il sollevamento delle montagne, ossia il prosciugamento degli antichi mari, ebbero la peggio. Il plutonista, se voleva mantenere le sue dottrine, doveva per lo meno rinunciare a qualunque pubblico impiego, perchè le dottrine plutoniche non erano accettate dalla chiesa

ufficiale. I particolari di questa lotta scientifico-religiosa si possono leggere nel libro I dei *Principî* di Lyell.

138. In Italia, benchè molti avessero adottato i principî di Woodward, le cose non furono spinte al punto, che si accendesse una lotta religiosa. Si nota come la chiesa romana siasi tenuta, in genere, estranea alle discussioni dei geologi. Il fatto è singolare, e degno di meditazione, quando si richiamino le discordie, che suscitò in seno alla chiesa cattolica la teorica copernicana, sostenuta da Galileo, un po' prima che sorgesse il plutonismo a combattere delle credenze, che, al pari di quelle degli avversarî di Galileo, si appoggiavano ai libri santi, comunque falsamente interpretati. È un fatto, come dissi, che in que' tempi si ebbero in Italia parecchi valenti geologi, i quali combatterono francamente, e impunemente, la teorica diluviana. Emerge fra questi il Vallisnieri (1731), il quale prese a combattere apertamente il sistema di Woodward, mostrando quanto nocumento tornasse dal pari alla religione che alla sana filosofia dal mal vezzo di mescolare continuamente il sacro col profano, tormentando continuamente le scritture, col trascinarle per forza sul campo delle discussioni fisiche. « Col volere mescolare le verità rivelate coi sistemi degli uomini (così scrive il Brocchi parlando del Vallisnieri), i dogmi della fede con ipotesi soggette ad esami e a discussioni, si promove lo spirito di controversia, senza potere prescriverne i giusti confini, si tentano le opinioni, e si aumenta il numero degl'increduli. » Al Vallisnieri fece eco più tardi (1737) il parroco Spada, con una dissertazione, in cui prova che i corpi marini petrificati non sono diluviani. Mentre poi la teorica diluviana era sostenuta dall'Istituto di Bologna, era invece combattuta da quello di Toscana, ove il Baldassarri, il Bastiani, il Targioni, il Caluri, il Matani la impugnarono sempre quando loro tornava in acconcio.

139. A queste questioni non fu straniera la Francia, ove troviamo Buffon alle prese colla Sorbona (1749). Più tardi sorge il filosofismo, inteso a combattere sistematicamente quanto anche solo avesse l'apparenza di accordarsi colla Bibbia. Il filosofismo non poteva certo sorridere alla teoria diluviana allora in voga, e che ebbe il merito di rendere i geologi tanto antipatici a Voltaire. Ma il celebre incredulo non seppe combattere la teoria diluviana altrimenti, che con quella argutissima istoria dei pellegrini, i quali, venendo dalla Siria, avevano seminate le Alpi delle conchiglie staccate dai loro cappelli. Quanto agli ossami di renna e di ippopotamo scoperti nelle vicinanze d'Étampes, Voltaire trovava naturalissimo, che vi fosse stato altre volte in Francia un tale, il quale possedeva uno scheletro di renna e d'ippopotamo nel suo gabinetto. Eppure siamo in un tempo (1788) in cui, già da circa mezzo secolo, era pubblicato il sistema di Lazzaro Moro, e le

biblioteche italiane rigurgitavano di voluminose opere paleontologiche, dalle quali per lo meno risultava il gran fatto, che tutta la terra, per dir così, rigurgita di spoglie di animali marini, che colline e montagne ne sono quasi talora interamente composte. A ogni modo è certo, che l'ardore con cui (come sempre avviene nelle questioni religiose) si impegnarono, o pro o contra la teoria diluviana, gli uomini della scienza in Europa, giovò assai ai progressi della geologia; e noi ci troviamo alla fine del secolo XVIII in possesso di un gran numero di fatti, i quali allargarono assai il circolo delle cognizioni riguardo ai fossili e servirono di fondamento alla paleontologia moderna. S'intese a poco a poco come gli strati terrestri, ripieni sin nell'ime viscere di spoglie organiche, più presto che a campi di strage possono assomigliarsi a vaste necropoli, eretto da antica pietà, dove gli estinti si sovrappongono, generazione per generazione, con rito che risponde a' tempi diversi o ai diversi costumi. Le reliquie organiche trovansi infatti, sopra vaste estensioni, mirabilmente intatte: intatti i gusci più papiracei delle conchiglie e dei crostacei, intatte le più esili foglie. Mirabile sopra tutto è la loro distribuzione: quello strato appartiene a una famiglia; questo a un'altra; qui una sola specie domina sovrana, e si moltiplica a dismisura, sovrapponendosi generazioni a generazioni; là molte specie si adunano insieme, gareggiando di copia e di bellezza: talora uno strato ti si presenta allo sguardo sotto forma di un banco di corallo; talora invece è un banco d'ostriche o d'altre conchiglie bivalvi: se negli strati calcarei tu rinvieni le specie, che il confronto colle viventi ti dice avanzi dei liberi mari; gli strati argillosi invece formicolano di specie, che dovevano prediligere i fondi bassi o fangosi. In fine l'idea di un repentino cataclisma, di una grande inondazione, prodotta dal concorso delle acque che piovono dal cielo e sgorgano dagli abissi, o che, tutta rimescolando la superficie terrestre, vi avesse disseminato insieme confuse le spoglie degli animali terrestri o acquatici, non poteva più oltre volgersi alla spiegazione di un fatto, in cui tutto annunzia la lentezza, la progressione, l'ordine, la calma, di un fatto, il quale, piuttosto che i furori di una passaggiera rivoluzione, ci rivela l'andamento provvido e tranquillo di una grande evoluzione di un mondo passato, che vanta almeno tanti anni, quanti numera giorni il mondo presente. Il secondo vero era conquistato: i fossili erano reliquie di animali e di alberi, nati, cresciuti, moltiplicati, morti in quei luoghi, dove ora se ne raccolgono le reliquie. Se attualmente le conchiglie del mare si raccolgono sulle vette delle montagne, non già esse furono spostate, sbalzate fuori dalle onde orribilmente commosse; ma i fondi marini, che loro servirono prima di abi-

tacolo, poscia di tomba, furono sollevati da forze intestine, che rimutarono i mari in continenti.

140. Sono queste in complesso le idee esposte nell'opera di Lazzaro Moro *sui crostacei ed altri corpi marini, che si trovano sui monti* (1740). Lazzaro Moro, che non potè vantare chiarezza di esporre pari alla profondità del concepire, ebbe la fortuna di trovare un limpido espositore nel frate carmelitano Generelli, il quale ne illustrò la teoria nel 1819. L'esposizione del Generelli è un lucido riassunto, non solo della teorica del Lazzaro Moro, ma di ciò che vi aveva di acquisito per la scienza fino a que' tempi: anzi con lui la scienza geologica si può già dire quasi completa, per ciò che può vantare anche oggi di più fondamentale. — Le montagne traggono origine dalla forza espansiva dell' interno del globo; è un fatto che si collega con quello dei vulcani e dei terremoti: fu sotto l'impulso di questa forza che emersero le moli dei continenti, serrando il mare entro confini sempre più angusti: effetti di questa azione sono le dislocazioni, le contorsioni, i salti delle masse stratificate: i terreni secondari (si indicano in genere con questo nome gli strati sedimentari) traggono origine da regolari sedimenti, deposti in fondo all'oceano, che si sollevarono poi, per effetto di quella forza espansiva, seco traendo gli esseri organici che li abitavano: ora vediamo quindi la scorza terrestre composta di strati di natura diversa: vi hanno terreni fossiliferi, e terreni non fossiliferi: vi hanno sedimenti marini con reliquie organiche marine, e sedimenti paludosi con fossili terrestri: talora gli uni alternano cogli altri: la natura e lo stato di conservazione dei fossili, ci dicono che gli strati furono molli e pastosi, prima di raggiungere la consistenza delle roccie dure: tanto negli strati, che formano l'ossatura del globo, come nei sedimenti, che vanno attualmente ricoprendo i fondi marini, si ammira la stessa distribuzione degli animali in famiglie, in gruppi distinti: come avvennero sollevamenti, così accaddero sprofondamenti; le forze interne come le esterne del globo lavorano indefesse a modificarne la superficie: queste coll'abbattere e distruggere, quelle coll'edificare e conservare: così la provvidenza mantiene, col perpetuo antagonismo delle forze, l' equilibrio del mondo. — Dal complesso della teoria, qui esposta per sommi capi, Lazzaro Moro, e il suo valente espositore, traggono nel modo più esplicito l' importante conclusione, che serve di base alla geologia moderna, che cioè il passato trova spiegazione nel presente; che quelle stesse leggi, le quali ora governano il mondo sotto gli occhi nostri, lo ressero prima, e che, per chi cerca la ragione dei grandi avvenimenti, di cui il globo presenta indelebili traccie, nulla v'ha di più vano e di più assurdo, che il creare nuove forze, salvo il distruggerle poi, in onta all' ammirabile

economia della potenza creatrice. Ecco le idee espresse da Lazzaro Moro nel 1740, cioè quasi mezzo secolo prima della pubblicazione del celebre sistema di Hutton, il quale da alcuno pare voglia considerarsi come il fondatore della moderna geologia. Ad ogni modo, quanto vi ha di vero nel sistema di Lazzaro Moro, quanto vi ha di acquisito per la scienza geologica fin verso la fine del secolo XVIII, tutto si appoggia a quello che abbiamo annunciato come il secondo vero fondamentale della paleontologia; si appoggia cioè al gran fatto che *i fossili sono reliquie di organismi, che vissero là ove se ne trovano le spoglie.*

141. Ma la geologia moderna ha fatto altri passi considerevoli, e fu in base ad altri veri, rivelati da uno studio più accurato dei fossili. Finora i fossili si erano considerati come piante e animali, i quali vissero in altri tempi, popolando altre terre o altri mari. Si riteneva però sempre che quelle piante, o quegli animali non fossero specificamente diversi dalle piante e dagli animali, che popolano il mondo attualmente. Quegli esseri, che videro rimutarsi la superficie terrestre, che videro i mari conversi in continenti, dovevano essere naturalmente i progenitori delle faune e delle flore viventi. A chi mai poteva cadere in mente, che si trattasse di altre specie, di altre generazioni, di altre creazioni, di altri mondi? Il terzo vero fondamentale della paleontologia non poteva maturare che ben tardi, quando cioè sulla paleontologia si fosse projettata la luce di una scienza che non era ancor nata. Questa scienza nuova, che ci condusse così addentro nei misteri degli antichi mondi, è l'anatomia comparata, e il terzo vero, nato dalla sua applicazione alla paleontologia, è questo: — *Le reliquie organiche fossilizzate nelle viscere della terra appartengono, in genere, a specie di piante e di animali ora estinte, cioè definitivamente scomparse dalla superficie del globo.* —

142. Veramente fin dal 1688 vi fu in Inghilterra chi si accorse della esistenza di reliquie organiche, le quali non potevano riferirsi a specie ora viventi. Questi fu Roberto Hooke, matematico e fisico valente. In Inghilterra, assai più facilmente che in Italia, si doveva giungere alla scoperta del vero or ora annunciato. L'Italia (parlo principalmente dell'Italia subapennina, de' cui fossili si occuparono quasi esclusivamente i geologi) è composta di terreni molto recenti; e quei terreni, come vedremo in seguito, contengono dei fossili così somiglianti agli esseri organici viventi, che l'occhio esercitato del naturalista moderno riesce appena a differenziarneli. In Inghilterra la cosa cammina ben diversamente: gli antichi terreni quivi sviluppatissimi, quelli principalmente della serie giurese e dell'epoca paleozoica, rigurgitano di esseri così nuovi, così mostruosi, che il naturalista si trova più imbarazzato quando voglia affratellarli ai viventi, che quando

si accinga a distinguerli. Quegli ammoniti dalle forme più vaghe e bizzarre, di cui non trovano un congenere in tutti gli oceani attuali, quei mostruosi rettili, o natanti alla guisa dei delfini, o volanti alla maniera dei pipistrelli, quei trilobiti così diversi dai crostacci attuali, in fine le meraviglie di quei mondi fantastici, in cui la mente del geologo spazia colpita a ogni tratto da una novità, dovevano facilmente suggerire all'osservatore più superficiale, che egli trovavasi faccia a faccia con generazioni perdute, con piante e con animali, la cui posterità è spenta, chi sa da quanti secoli, sulla faccia del globo. Hooke, come dissi, si era accorto di questo gran fatto; ma egli andava prudentemente domandando a sè stesso: se veramente quelle specie, che più non apparivano fra i vivi, fossero realmente perdute. Forse, diceva, esse vivono ancora nelle inesplorate profondità dell'oceano. E quando pure si piegava ad ammettere, che quelle specie fossero perdute, egli rifletteva, che forse lo erano unicamente le specie accantonate in quei luoghi, le cui condizioni fisiche si erano così profondamente mutate. Egli trovava nelle Sacre Scritture dei passi, da cui si poteva dedurre che il nostro sistema è in via di degenerazione, e tende a quella predetta dissoluzione finale, per cui tutte le specie saranno un giorno estinte. In fine le specie estinte non rappresentavano allo sguardo di Hooke delle flore e delle faune, che popolarono la terra successivamente in epoche diverse, e scomparvero, cedendo il luogo alle flore e alle faune novelle, che venivano successivamente a rimpiazzarle: esse specie estinte non erano altro, per l'illustre geologo, che le primizie della distruzione degli attuali viventi.

143. Le idee di Hooke, benchè così precoci, erano tuttavia le più avanzate, anche in confronto a quelle che dominarono più tardi. In fatti ritenevasi universalmente, come già dissi, che i fossili non fossero che i progenitori dei viventi. La lunga controversia, insorta fra il Testa e il Fortis verso il 1793 a proposito dei pesci del Bolca, si riduceva unicamente a questo: che il primo sosteneva essere quei pesci specie dell'Adriatico, mentre il Fortis voleva, che alcuni di essi fossero esotici, e vivessero attualmente nei mari del sud. Entro questi termini si contiene la splendida *Ittiolitologia veronese*, pubblicata da Serafino Volta nel 1796. I pesci del Bolca vi sono descritti e figurati in grandi tavole; ma quel naturalista allontanò da sè fino il sospetto che si trattasse di specie estinte. Su 123 specie da lui descritte, 12 soltanto gli parvero incognite; tutte le altre nominò come viventi nel Baltico, nel Mediterraneo, nell'Adriatico, o negli oceani Atlantico, Pacifico e Indiano. Ora sappiasi, che fra tutte quelle specie non ve n'ha una sola vivente in oggi in nessun mare del mondo. Ma che aspettarci da tempi, in cui l'arte di confrontare fra loro gli organismi, cioè l'anatomia

comparata, non aveva ancora emesso il primo vagito? da tempi in cui le belemniti, rostri di molluschi cefalopodi, si indicavano come pietre generate dal fulmine? in cui gli ammoniti, conchiglie di cefalopodi caratterizzatissimi, erano descritti come serpenti? in cui le glossopetre, denti di squali, si ritenevano lingue di serpenti, e le bufoniti, radioli di cidariti, erano indicate come calcoli di rospo, e i denti di pesci, appartenenti a un tipo notissimo, erano presi per occhi di serpi? da tempi in cui finalmente, per dir tutto in una volta, si proclamò come uomo fossile lo scheletro di una salamandra?

144. Al genio di Cuvier nessun contrasterà mai il merito di aver fornito ai geologi il mezzo più potente per internarsi con sicurezza nello oscure latebre dei mondi che furono. Cuvier è il creatore dell'anatomia comparata, di quella scienza, che alle apprezzazioni volgari e fallaci del senso, sostituisce il processo rigoroso e sicuro della osservazione. Gli ossami fossili, che si venivano in tanta copia dissotterrando nei dintorni di Parigi, svegliarono in lui il genio dell'osservazione, e gli porsero copioso alimento, perchè crescesse e si sviluppasse a tal segno, che una scienza, da lui iniziata, fu anche da lui lasciata quasi completa. I primi studî di Cuvier datano dal principio di questo secolo (1808), e si limitarono quasi unicamente ai vertebrati. Raccogliendo quanto potè da una parte di scheletri di animali viventi, dall'altra di ossami fossili, confrontando dente con dente, osso con osso, con una perseveranza e una accuratezza veramente miracolosa, si vide in breve rinascere sotto gli occhi una quantità di animali, la cui progenie era scomparsa da lungo tempo dalla faccia della terra. Apparve allora come lo affinità, le analogie, per cui gli animali fossili si possono comparare coi viventi, siano ben altra cosa da quella identità specifica, per cui gli animali viventi si potrebbero ammettere come derivanti, per una serie non interrotta di generazioni, da quegli animali, le cui spoglie si trovano impietrite in seno ai monti.

145. La via battuta da Cuvier, per cui giunse a rifare tante generazioni di vertebrati che avevano popolato gli antichi mondi, fu ricalcata anche da Lamark, il quale intese a ricreare al modo stesso gli invertebrati. I naturalisti del resto si buttarono a cento a cento sulla nuova via, spinti da quella smania che doveva destare una scoperta così inaspettata e così feconda, la scoperta che altre terre, altri mari popolati d'altri animali e d'altre piante, avevano preceduto i mari e le terre attuali; che lo studio dei fossili dischiudeva all'uomo le porte di altri mondi, da lungo tempo già chiuse. Le opere paleontologiche del secolo XIX non fanno che presentare antiche flore e antiche faune, affatto diverse da quelle che popolano attualmente le terre e i mari. Il passato ebbe altre conchiglie, altri cetacei,

altri pesci, altri rettili, altri uccelli, altri mammiferi. Studiando la serie dei diversi terreni, questo vero ci apparirà in tutta la sua luce: vedremo quanto sia vero, che noi ci troviamo ora in un mondo affatto diverso. L'uomo e gli animali che lo circondano, e le piante, che intessono un tappeto al globo ch'egli abita, appartengono al presente. Il mondo presente appartiene alla storia: la geologia discorre coi mondi che furono; vede altre terre, altri mari, altre piante, altri animali: in fine è un vero acquisito, che *le reliquie organiche fossilizzate appartengono a specie di organismi ora definitivamente scomparsi dalla superficie del globo.*

146. Giunta la paleontologia a questo punto, le tornava facile, naturale, il fare quell'ultimo passo, per cui divenisse la fida scorta della geologia stratigrafica, che le fa ritrovare il bandolo della storia del globo anche dove le rivoluzioni del globo l'hanno troncato o nascosto. Perchè la paleontologia divenisse la vera, e ormai l'unica, base della geologia, le era necessaria la conquista di un quarto vero fondamentale, più d'ogni altro fecondo, inesauribile nelle sue applicazioni. Questo quarto vero si può annunciare così: — *I fossili sono distribuiti secondo i terreni, si rimutano, cioè, cogli strati, succedendosi gli uni agli altri in ordine stratigrafico e quindi cronologico.* — Una volta scoperto che i fossili appartengono a specie estinte, tornava facile, ripeto, l'accorgersi della loro distribuzione, l'accorgersi che non si trattava soltanto di una antica flora o di una antica fauna che avessero precorse la flora e la fauna attuale, lasciando le loro reliquie negli strati che si erano mano mano deposti, quando le nostre terre erano mari; ma che si trattava di molte flore, di molte faune, le quali si erano succedute le une alle altre, comparendo e scomparendo l'una dopo l'altra successivamente, popolando la terra per un lasso di tempo più o meno lungo, riempiendo delle loro spoglie soltanto un certo numero di strati. Così ogni specie estinta si trovava soltanto a un certo livello della serie stratigrafica, e ogni strato, per conseguenza, non poteva contenere che certe specie determinate, le quali erano, come si suol dire, le medaglie dell'epoca. Ne derivava come ultima conseguenza pratica che ogni strato, che ogni frammento di strato, comunque rotto, sturbato, isolato, perduto ogni rapporto cogli strati superiori o inferiori, contenendo un fossile, portava in sè scritta la data della sua formazione. Era facile, per dirlo ancora una volta, arrivare a un risultato così splendido; poichè, se da una parte si raccoglievano e si studiavano con tanto amore le reliquie fossili, e si scoprivano sempre nuove specie; dall'altra i geologi si erano avvezzi ad esaminare gli strati, a contarli, a distinguerli in gruppi, giusta l'ordine della loro sovrapposizione. Frutto di tali studî contemporanei doveva essere naturalmente la scoperta dei rapporti costanti fra i diversi strati, o meglio fra i diversi

livelli stratigrafici, e le diverse specie di fossili. Così trovò come a certi gruppi di terreni, a certi strati, posti a un dato livello, corrispondessero invariabilmente certi gruppi e certe specie di fossili, mentre altri fossili apparivano invariabilmente associati ad altri terreni, ad altri strati, posti ad altri livelli. Trattasi, come ognun vede, di una scoperta, di una conquista *a posteriori*, di un fatto che *a priori* nessuno avrebbe immaginato.

147. Già fin dal 1759 l'Arduino, studiando le montagne di Padova, di Vicenza e di Verona, aveva stabilito che la crosta del globo si compone di diverse roccie, e le avea divise in primitive, secondarie e terziarie. Fuesel nel 1773 distingueva diversi terreni, fissandone l'età relativa, non soltanto pei loro rapporti di posizione, ma anche pei fossili ch'essi contenevano. Soldani osservava nel 1780 che nel bacino di Parigi si alternano gli strati marini con quelli di acqua dolce. Il celebre Werner finalmente, i cui studî contribuirono tanto ai progressi di ogni ramo della geologia, ebbe, dice Lyell, questo merito principale, che, cioè, nel suo insegnamento dirigeva invariabilmente l'attenzione de' suoi discepoli verso i rapporti costanti che si manifestano nella sovrapposizione di certe masse minerali. Werner è reputato ancora per questo motivo come l'inventore della geologia stratigrafica, la quale appunto si fonda sui rapporti costanti che mantengono fra loro i diversi strati che occupano lo stesso livello nella serie stratigrafica: a stabilire tale costanza di rapporti concorrono anche i fossili, corrispondendo le diverse forme organiche ai diversi livelli. Ma diversi geologi italiani ed altri avevano già preceduto il celebre professore di Freiberg su quella via, in cui egli avanzò certamente i suoi predecessori.

148. Chi tuttavia pare abbia afferrata pel primo in tutta la sua nettezza il concetto della distribuzione dei fossili secondo i terreni, prima distinti in base ai soli rapporti di sovrapposizione e di successione, e abbia quindi veduto pel primo come si potesse, mediante i fossili, stabilire l'equivalenza dei terreni, anche quando si mostrassero in serie isolate e con diversi caratteri nelle diverse regioni (sul concetto dell'equivalenza degli strati contenenti gli stessi fossili si basa tutta la pratica della moderna geologia), fu William Smith. Questo autore pubblicò nel 1790 il suo *Quadro degli strati britannici*, nel quale propose un modo di classificazione, applicabile alle formazioni secondarie dell'ovest dell'Inghilterra. In quest'opera egli mostra, dice Lyell, di sapere assai bene, che l'ordine di successione di certi gruppi non era mai violato, e che, in luoghi anche molto lontani gli uni dagli altri, quei gruppi potevano essere identificati, per mezzo dei fossili organici che essi contengono. Più tardi si occupò della costruzione di una carta geologica generale dell'Inghilterra, la quale fu

terminata nel 1815. Quella carta, continua Lyell, è un monumento che attesta a un tempo un talento originale e una straordinaria perseveranza. Smith esplorò tutto il paese passo a passo, senza che potesse giovarsi di osservazioni eseguite precedentemente, senza che alcuno dividesse la fatica delle sue ricerche. Riuscì in questo modo a classificare in gruppi naturali tutta la complicatissima serie delle roccie britanniche. Molte delle sue suddivisioni conservano ancora nella nomenclatura inglese il posto che egli aveva loro assegnato. La *Società geologica di Londra*, fondata nel 1807, spinse avanti assai rapidamente lo studio della classificazione dei terreni. Del resto la *paleontologia stratigrafica* divenne uno studio di predilezione per gli scienziati e per gli istituti scientifici d'Europa. Le opere paleontologiche cessarono dall'essere semplici descrizioni di fossili, e divennero specialmente monografie di flore e di faune, considerate e studiate dal punto di vista geologico, cioè distinte secondo il diverso livello occupato da ciascuna nella serie stratigrafica. Come primi modelli di tali opere citeremo l'*Essai sur la géographie minéralogique et sur les débris organiques des environs de Paris*, pubblicato da Cuvier e Brongniart nel 1808, e la *Conchiologia fossile subappennina*, pubblicata dal Brocchi nel 1814.

149. In fine si potè stabilire che, ascendendo dall'imo al sommo della serie stratigrafica, diverse generazioni, non di individui, ma di specie, di generi, anzi faune e flore diverse, si succedevano, spegnendosi le prime per dar luogo alle seconde, e queste ad altre, o ad altre ancora, finchè, ultime, e come appena uscite dalle mani del Creatore, apparivano le generazioni viventi, la fauna o la flora attuale. Non si trattava più di un accidente locale, che potesse spiegarsi col mutarsi delle condizioni locali di un fondo marino. Quando i geologi d'Italia, di Francia, di Germania, d'Inghilterra, riconobbero nei rispettivi paesi gli stessi fatti; numerarono, colla stessa serie di strati, la stessa serie di generazioni; quando videro allo stesso livello mutarsi la natura degli strati, ma non le specie dei fossili da loro contenuti; quando, con un maraviglioso accordo, risposero all'Europa l'Asia e l'Africa, e all'antico continente il nuovo; rimase inconcussa l'universalità del fatto. Non si trattava più delle vicissitudini di un fondo marino qualunque, ma delle vicende della terra: non era più questa o quella regione che avesse subìto in tale o tal'epoca tali o tali modificazioni, che ne avessero spento o scacciato i primitivi abitatori, e determinato altri a ripopolarla; ma tutta la superficie della terra si era più e più volte rimutata, ed era più e più volte divenuta la tomba di tutti i suoi abitatori, ed altrettante volte si era vista ripopolata da altri animali, da altre piante, quasi altrettante volte un *fiat* creatore facesse pullulare l'albero della vita sul campo della morte.

150. Una volta trovato, come la distribuzione delle reliquie organiche, considerate nelle diverse specie, rispondesse alla serie degli strati sedimentari considerati nella loro sovrapposizione; come in fino la paleontologia rispondesse invariabilmente alla stratigrafia; si intenderà facilmente come si potessero riannodare le membra delle formazioni sparte, ricomporre la serie stratigrafica di una regione per quanto vasta, ripigliarla al di là dei mari; ricreare insomma come non mai interrotta nè sturbata quella serie di fondi marini, che, sovrapposti regolarmente l'uno all'altro, ci avrebbero narrato le vicende dei mari e dei continenti. Il fatto, su cui si basa attualmente la geologia stratigrafica, può esprimersi così: — esiste una serie di flore e di faune diverse, che si succedettero l'una all'altra sulla faccia della terra; ciascuna di queste flore e di queste faune, e ciascuna delle specie che le compongono, sono caratteristiche di una data formazione. — Questo fatto si può ridurre ad un principio di applicazione fecondissimo, e tradursi nel seguente assioma: *gli strati contenenti le identiche specie, sono contemporanei*. Questo fatto, che serve di base alla paleontologia stratigrafica, non fu, come si è visto, la scoperta nè di un sol uomo, nè di un sol giorno. La conquista di quel vero, che io vi ho presentato come un assioma semplicissimo, costò quasi quattro secoli. Anzi è soltanto dal principio di questo secolo, che si può dire essere stata la geologia unita indissolubilmente alla paleontologia. Ma pur così unita dovè passare per una serie d'infinite transizioni. Una schiera pressochè innumerevole di ingegni adoprossi a svolgere il gran problema dei rapporti fra la serie degli strati e la serie delle flore e delle faune: ne risultarono divise e suddivise contemporaneamente le flore e le faune, come divise e suddivise risultarono le formazioni. Se Werner aveva stabilito con certa verità le prime divisioni della massa dei terreni, molti geologi più tardi, di mutuo accordo, scomposero quei gruppi primitivi, e ne formarono sette.[1] Alcide d'Orbigny, più ardito, giunse al numero ventisette, cioè divise la massa stratificata del globo in ventisette grandi gruppi, caratterizzati ciascuno da una fauna e da una flora speciale, che, tutte, succedendosi l'una all'altra, preesistettero alla fauna e alla flora attuale. Ma non bastava: dieci soltanto dei ventisette gruppi stabiliti da d'Orbigny, cioè i dieci giuresi, divennero trentatrè nelle mani di Oppel, e chi sa quanti in quelle di Quenstedt! L'opera ferve ancora.

151. Io non vi dirò che sia tutto oro purissimo quanto è l'opera dei citati e di altri distintissimi geologi. Non si vuol negare, che le idee precon-

[1] I sette grandi gruppi accettati dai geologi moderni sono quelli che servono anche attualmente di base alla classazione dei terreni: *azoici, paleozoici, triasici, giuresi, cretacei, terziari, quaternari*.

cette, la tenacia d'un sistema, la confusione del parziale col generale, o altre tali miserie dell'umana mente, non abbiano per loro parte contribuito ad erigere edificî in cui altri può e a buon diritto additare il falso, l'esagerato, il convenzionale. Si può lottare, e si lotta continuamente, circa il numero di queste faune comparse e spente successivamente; sul loro succedersi piuttosto continuo che ad intervalli; sui veri caratteri distintivi di un'epoca piuttosto che di un periodo dell'epoca stessa; sul collocamento di un terreno o di una fauna. Infine il cozzo delle opinioni, condizione primaria dello sviluppo di una scienza, continua, anzi si accresce coll'accrescersi degli accordi, e le tenebre del mistero sembrano farsi in molti punti più fitte, mano mano che in altri punti si accresce la luce della scienza. Ma un fatto, da tutti ammesso, è che sulla terra si succedettero in gran numero faune e flore diverse, che le une dopo le altre comparvero e si spensero.

152. Nè solo i geologi sono d'accordo nel concetto generale di questo fatto; ma convengono pienamente nel riconoscere certi grandi gruppi, affatto distinti stratigraficamente e paleontologicamente, ed anche certe grandi suddivisioni di ciascuno di questi gruppi principali. Insomma, se non si accordano ancora sui giorni e sugli anni, convengono pienamente circa i secoli e gli evi della storia della terra. Anche quelli fra i paleontologi (e il numero se ne accresce di molto) che ammettono il *passaggio, la trasformazione delle specie*, che ripetono il mutarsi delle faune e delle flore da un'epoca all'altra, non dalla comparsa, ossia dalla creazione, di nuove specie, ma dal modificarsi delle antiche, non rifiutano per nulla ciò che dagli altri è ammesso, circa il reale successivo mutarsi delle faune. Solo al concetto delle successive creazioni sostituiscono quello di successive metamorfosi.

Del resto spero che la rassegna dei diversi terreni, quali si presentano in serie stratigrafica (divenuta serie cronologica, per gli studî associati della paleontologia e della stratigrafia), darà al lettore un concetto adeguato dello stato della scienza oggigiorno; gli suggerirà mano mano un modo conveniente di apprezzazione dei fatti e delle deduzioni, che già si scoprirono o derivarono, o che si andranno mano mano scoprendo e derivando.

CAPITOLO VIII.

DELLA CONSERVAZIONE DELLE RELIQUIE ORGANICHE IN SENO ALLA TERRA.

153. Nel capitolo precedente abbiamo veduto come nacque la *paleontologia stratigrafica*, come cioè i fossili, considerati dapprima semplicemente come reliquie organiche, diventarono in seguito caratteristiche dei diversi terreni, sicchè dalla presenza di una sola specie si deduce il livello, che nella serie stratigrafica occupa un terreno, uno strato qualunque, benchè appajano isolati dagli altri terreni, dagli altri strati. A questo modo si riuscì a ricomporre la pila degli strati, e trovarne gli equivalenti in qualunque regione del globo, a rappresentarne la serie nella sua unità e universalità, a numerare e studiare gli strati in quell'ordine stesso in cui di fatto si formarono, secondo le diverse epoche, sulla superficie terrestre. Noi potremmo già dunque narrare la storia del globo, quale si legge sulle pagine del gran libro, ricomposto, ricucito nel modo suddetto. Ma prima sentiamo il bisogno di proporci alcuni quesiti, che riguardano i fossili in generale, e principalmente il valore di certi rapporti fra la natura dei fossili e la condizione originaria degli strati, cioè le condizioni del globo in ciascuna di quelle epoche, in cui le reliquie organiche furono sepolte nei diversi strati.

154 I principali quesiti sono questi: 1.° Come si conservarono le reliquie organiche in seno agli strati? 2.° Come mai dalla natura e dalle circostanze dei diversi fossili possiamo dedurre le condizioni originarie dei diversi strati, o meglio le condizioni del globo nelle diverse epoche e i diversi avvenimenti, che vi si succedettero? Per rispondere a questi quesiti dobbiam ricorrere anche questa volta al principio fondamentale della geologia: « a identici effetti corrispondono identiche cause », e interrogare per ciò la natura attuale.

155. Anzi tutto intendiamoci bene circa il valore della parola *fossile;* poichè io credo che il concetto di fossile sia tutt'altro, in genere, che ben determinato; e nol sarà mai abbastanza, finchè i geologi stessi lavorano a confonderlo, come p. es., quando si parla dell'*uomo fossile*, quasi di un qualche cosa che ci porta al di là di quei limiti del tempo i quali alla specie umana vengono assegnati dalla storia e dalla rivelazione.

156. La fossilizzazione è volgarmente riguardata come un fenomeno puramente geologico, relativo cioè al passato del globo. All'idea di un fossile, o, come più volgarmente si dice, di una petrificazione, si attacca l'altra di una smisurata antichità, a tal segno, che uomini dotti e giornali più o meno seri, quando parlano di *uomo fossile*, intendono d'un uomo, la cui esistenza precedette, chi sa di quanto miriadi di anni e di secoli, il sesto dì della Genesi. Intanto gli uomini fossili si moltiplicano ogni giorno; e tuttavia non pare che l'umana razza siasi appieno assicurato il vanto d'una favolosa antichità.

Si combatta un errore volgarissimo, proveniente da un falso valore accordato ad una parola che, per lo meno nella scienza, suona tutt'altro. Si combatta, perchè le questioni più gravi siano intese nel loro vero aspetto, siano ricondotte sul loro vero campo, nè divaghino nell'arbitrario, nell'immaginoso, nel campo infine di una scienza che, in difetto di cognizioni, si fonda sulle parole male interpretate.

157. Per la scienza il *fossile* non è un essere antico, ma è semplicemente un essere conservato; la fossilizzazione non è fatto che si riporti ad epoche antichissime, ma è fenomeno d'ogni epoca; essa è non solo un fenomeno geologico, ma un fenomeno di dinamica terrestre. Vi sono fossili sui quali si contano miriadi di secoli; ve ne sono di quelli sui quali appena si numerano gli anni o i giorni. Noi possiamo studiare i fossili antichi per ciò appunto che ogni giorno esseri organici si fossilizzano.

L'importante si è che i fossili (si intendano con questo nome le sole reliquie organiche o se ne amplifichi il significato scientifico fino a comprendervi anche i corpi inorganici sepolti nelle viscere della terra) sono i più preziosi documenti della storia del globo; sono le medaglie d'ogni epoca, appunto perchè d'ogni epoca portano la data, e ordinate, secondo l'ordine di sovrapposizione dei diversi strati, ci scrivono la cronologia del globo, e ne rilevano tutti gli sconvolgimenti, tutte le transizioni. Ma per interpretare tali documenti è d'uopo, come per ogni altro fatto geologico, consultare il presente. La *paleontologia attuale* ci può sola dar la chiave della *paleontologia geologica*.

158. Che cosa è un fossile? — Io piglio la parola nel senso più largo, giusta le esigenze della scienza attuale. Definisco il fossile — un oggetto conservato in qualunque porzione della crosta solida del globo.[1] — Anche

---

[1] La geologia non ha per nulla ristretto il valore della parola fossile. *Fossilis... qui e terra effoditur*, dice il *Lexicon* del Forcellini. Osservo soltanto, che, nel linguaggio geologico, quando si nominano i *fossili* senza alcun predicato, si [illegible] le reliquie organiche sepolte, conservate, in seno alla terra.

una freccia di selce, ancho un ciottolo, per me sono un fossile, e al pari di un dente, di una conchiglia, mi narra gli avvenimenti del globo. Se un ammonite mi attesta nna fauna spenta, una freccia mi assicura della comparsa dell'uomo, o un ciottolo striato della presenza di un ghiacciajo. — Se vi piace di mantenere la parola *fossile* sacra ad esprimere una *reliquia organica*, sostituite nella definizione questo nome, col suo attributo, che lo determina, alla parola inderminata di oggetto, e dite: *un fossile è una reliquia organica conservata in qualunque porzione della crosta solida del globo.* — Infatti lo studio della natura, e dei giacimenti delle reliquie organiche nei depositi terrestri, costituisce quello che si direbbe il corpo della scienza paleontologica. Ancho noi ci occuperemo quasi esclusivamente di essi.

159. Le spoglie organiche, esposte agli agenti atmosferici, si putrefanno. Il processo della vera putrefaziono potrà essere ritardato per diverse circostanzo, ed anche impedito, ma non si impedirà la totale disorganizzazione di un corpo organico qualunque esposto agli agenti atmosferici. Sottratto invece all'azione atmosferica, potrà conservarsi a tempo indofinito. — La prima condiziono della conservazione degli esseri organici è adunque che siano sottratti agli agenti atmosferici. L'uomo ha inventato divorsi processi per ciò, e la natura ha adottato universalmente quello di porli al riparo nelle profondità de'suoi depositi.

Ma in qualunque condizione si trovi un organismo, se avviene la sua decomposizione, questa sarà più o men rapida a seconda dolla natura diversa delle diverse parti dell'organismo stesso. Le ossa, p. es., si conservano lungo tempo anche esposte all'aria aperta, mentre i muscoli imputridiscono rapidamente ancho in ambienti riparatissimi. È già per ciò solo a presupporsi quello che si avvera di fatto, cioè conservarsi allo stato fossile tanto più facilmente le parti dell'organismo, quanto esse sono più dure e resistenti. Più scientificamente si direbbe, secondo le esperienze di Hugard, quanto più contengono di sostanzo lapidee. Si potrebbero sotto questo rapporto dividere lo parti degli organismi in classi, allo quali corrisponderebbero realmonte l'abbondanza relativa e il miglioro stato di conservaziono dei fossili di tutte le epocho. Una prima classe comprenderobbe le parti in condizioni più favorevoli alla conservazione, come denti, ossa di mammiferi, d'uccolli, rettili, polipai, conchiglie, ecc; una seconda classe, ossa di pesci, gusci di echinodermi e di crostacei, ecc; una terza classe, le parti cornee, come corna, ugne, peli, ecc.; nna quarta, le cartilagini; una quinta, lo parti molli, come muscoli, sostanzo gelatinoso.

160. Ma la tassidermia, ossia l'arte di conservaro le sostanze organiche,[1]

[1] *Tassidermia* è propriamente l'arte di conservare le pelli: qui è presa in senso più largo.

non si affida alla naturale resistenza di certe parti, nè sta paga di sottrarre le più corruttibili all'azione atmosferica. Ricorre a diversi processi, non ultimo dei quali è di rilevare almeno l'impronta, o il modello degli organismi, o delle parti di essi, che non si potrebbero assolutamente conservare; così, a seconda dei casi, intonaca, injetta, imbibisce, ecc. ecc. La natura ha posto già molto prima di noi in pratica tutti questi processi, e ne conosce di quelli che per noi sono ancora un mistero.

I fossili si trovano di fatti in condizioni molto differenti gli uni dagli altri, accennando a diversi processi di conservazione. Il seguente *specchio* classifica i fossili secondo il loro diverso modo di conservazione:

I. Organismi conservati
  1. Fossili sepolti
  2. Fossili incrostati
  3. Fossili imbibiti.
II. Organismi trasformati.
III. Organismi sostituiti.
IV. Organismi modellati
  1. Modelli
    a) Modelli interni
    b) Modelli esterni
  2. Impronte
    a) Impronte fisiologiche
    b) Orme.

161. Cominciando dal primo gruppo, cioè dagli *organismi conservati*, intendo, che si debbano ritenere come tali quelli soltanto (e sono la maggior parte), che si conservarono realmente, sostanzialmente, o in tutto, o almeno in parte, quali erano. Le conchiglie delle sabbie e delle argille subapennine, salvo la perdita di una gran parte delle così dette materie animali, ed altre leggieri modificazioni, si presentano quali si potrebbero raccogliere attualmente lungo i lidi del mare. Altri fossili però, benchè conservati nel senso che abbiam detto, presentano modificazioni più profonde, fino al punto di mostrarsi, come si suol dire, pietrificati. Le conchiglie di Esino, p. es., si potrebbero scambiare per opere di scultura, eseguite in marmo durissimo. Ciò vuol dire, che alla conservazione degli organismi provvide natura con diversi processi. Sotto questo rapporto gli *organismi conservati* si possono dividere in tre categorie principali. La prima è quella dei *fossili sepolti*, ossia *conservati per semplice inumazione;* la seconda è quella dei *fossili incrostati*, o *conservati per incrostazione;* la terza è quella dei *fossili imbibiti*, o *conservati per imbibimento di un liquido conservatore.*

162. Cominciando dai fossili della prima categoria, ossia dagli organismi conservati per semplice inumazione entro i depositi rocciosi, la ragione della loro conservazione sta nello stesso fatto semplicissimo della loro inumazione. Gli organismi sepolti sono sottratti alla influenza atmosferica, e sottrarre, comunque, gli organismi all'azione atmosferica, è, come abbiam detto, il modo ordinario praticato dall'arte e dalla natura per conser-

varli. Alla semplice sottrazione dell'azione atmosferica, cioè al processo negativo, si aggiunge sovente un processo positivo, cioè l'applicazione di sostanze conservatrici. Le sostanze minerali dei depositi possono fungere l'ufficio del sale, del grasso, del carbone in polvere, impiegati dall'arte. L'organismo, o certe parti di esso, si conservano così quali sono, purchè siano sottratti all'influenza degli agenti esterni. Così conservati trovansi, p. es., gli antichissimi ossami delle caverne, ove la sostanza ossea si conserva qual'è, spogliata soltanto o in tutto o in parte delle sostanze grasse, gelatinose, dalle sostanze dette più propriamente animali. Il solo tener immersa nell'acqua, specialmente se rinnovata, una sostanza animale, è un ritardarne la putrefazione. Sovente però lo strato, il deposito, in cui i fossili sono sepolti, esercita un potere antisettico, ossia conservatore, stante la natura delle sostanze, onde lo strato è composto. Come esempio della virtù antisettica di un deposito citeremo quello notissimo della torba.

163. Nel 1747, nell'isola di Axholme (Lincolnshire), a 1,m 82 sotto la torba, fu scoperto il corpo d'una donna, con sandali antichissimi. Un corpo perfettamente vestito con stoffa di pelo fu trovato in Irlanda in uno strato di ghiaja, coperto da 3,m 30 di torba. Nel Sommersetshiro furono estratti dalle torbe porci, conservanti la pelle membranosa, coperta di peli, convertiti del resto in *adipocera* o, come si dice, saponificati. Due corpi, sepolti da 28 anni e 9 mesi a 1 m. di profondità nella torba nel Derbyshire, si ritrovarono intatti quasi fossero recentemente estinti.[1]

164. La seconda categoria degli *organismi conservati* è quella dei *fossili incrostati*, ossia conservati per naturale incrostazione. L'arte ha inventato un gran numero di intonachi, di vernici per preservare dagli agenti esterni le sostanze corruttibili, che le preme conservare. Anche la natura ha i suoi intonachi, le sue vernici. Anzi l'arte si è appropriata immediatamente certi processi della natura, volgendoli a suo servigio. Chi non ha visto nei musei dei granchi, degli uccelli col loro nido, dei canestri, incrostati, p. es., dalle acque di Carlsbad? Del processo d'incrostazione abbiam già parlato a sufficenza nella prima parte di quest'opera: aggiungeremo ora soltanto, che è anche un processo di conservazione. Gli organismi, piante o animali che, abbandonati alla superficie del suolo, verrebbero in breve tempo consunti, posti invece sulla via di un'acqua incrostante, si conserveranno, anzi l'incrostazione ne conserverà esattamente le forme.

165. La formazione dei travertini, p. es., è anche un fenomeno di fossilizzazione su grande scala. Sono principalmente i vegetali che, incrostati, generano quelle masse calcaree enormi, che si scavano come pietre da

[1] LYELL, *Principes*, II.

costruzione. I travertini stessi contengono facilmente conchiglie e ossami, che, abbandonati alla superficie del suolo, si sarebbero indubbiamente decomposti e dispersi. Gli ossami nelle caverne talvolta, e le breccie ossifere ordinariamente, presentano casi assai pratici di un tal modo di conservazione. Così si trovarono conservati nel travertino dei dintorni di Bagnorea un cranio umano; nelle breccie del Mediterraneo umane reliquie; e in un calcare incrostante, ancora in attualità di formazione, i famosi scheletri umani della Guadalupa. Eccovi altrettanti uomini fossili, cioè, secondo la definizione, che abbiam data dei fossili (§ 158), altrettanti *avanzi umani conservati in una porzione della crosta solida del globo.* Nessuno negherà, che quegli *uomini fossili* potevano essere non più antichi delle medaglie dell'epoca di Edoardo I, cementate da un conglomerato ferruginoso, scoperto a 10 piedi sotto il letto di un fiume a Futburg.

166. La terza categoria degli *organismi conservati* è quella dei *fossili imbibiti*, ossia conservati per imbibimento di un liquido conservatore.

Le sostanze disciolte nell'acqua possono penetrare attraverso i tessuti organici anche i più fitti, e riempirne i vacui. Mille esperimenti vi provano questo fatto. Per semplice imbibizione potrà un organismo pigliare in tutto e per tutto l'aspetto lapideo, ossia i caratteri del deposito che lo involge. È il caso più commune delle così dette petrificazioni. Qui tuttavia la sostanza organica rimane ancora, ma come mascherata dalla imbibizione. I legni silicizzati, p. es., conservano ancora la sostanza lignea, secondo le esperienze di Barkinson, benchè non si distinguano per nulla, quanto alla materia, dalle agate.

167. Goeppert stabilì una serie di esperienze interessantissime, tenendo delle frazioni di vegetali e di animali immerse in soluzioni calcaree, silicee, metalliche, e ottenne bei saggi di mineralizzazione. Tenne, p. es., per alcuni giorni immerse in una soluzione concentrata di solfato di ferro esili laminette di pino. Avendole essiccate e sottomesse ad una temperatura abbastanza elevata, perchè ogni sostanza organica fosse eliminata, gli rimase l'ossido di ferro, che riproduceva, sotto al microscopio, la tessitura del vegetale, in guisa che se ne scorgevano i vasi più minuti, caratteristici di quella famiglia. Io credo che non si tratti in queste esperienze che d'un perfettissimo imbibimento, per cui la sostanza minerale, penetrando ogni vacuo molecolare del tessuto, conservasse modellata perfettamente la forma dell'organismo, anche quando era questo consumato dal fuoco.

168. Passo di volo su questo argomento, perchè dobbiamo rinvenirvi più tardi, quando vedremo quanta parte abbia avuto nella costituzione del globo, ossia nella trasformazione delle grandi masse rocciose un pro-

cesso, di cui la natura ha fatto uso nella maggior parte dei casi, per la conservazione degli organismi dello età più remote. Passando ora al secondo gruppo dei fossili contemplati nello specchio (§ 160), che intendiamo noi per *organismi trasformati?* — In questi fossili l'organismo è ancora conservato sostanzialmente, ma ha perduto i suoi caratteri esterni; ha perduto buona parte de' suoi costitutivi; la sua struttura, i suoi caratteri fisici sono talmente alterati, che nessuno per avventura ne indovinerebbe la primitiva natura, se la scienza non fosse dotata di altri mezzi analitici oltre la superficiale esperienza de' sensi. Accennerò due soli esempi di tale trasformazione: la spatizzazione delle conchiglie, e la carbonizzazione dei combustibili fossili.

169. Negli strati calcarei si incontrano sovente delle conchiglie, degli echini, dei coralli, che mantengono intatte fino allo scrupolo le forme esterne. Se li spezzate, in luogo di un semplice calcare, o di un calcare che mostra, come nei fossili semplicemente conservati, i tratti più squisiti della struttura organica, voi trovate un calcare spatico, anzi uno spato calcareo, perfettamente cristallizzato. Così trasformati si mostrano sovente i coralli dell'Azzarola presso Lecco, e le conchiglie di Saltrio.

170. I combustibili fossili non sono altro, come dimostreremo meglio in seguito, che ammassi di vegetali, conservati in grembo alla terra. Ma a chi cadrebbe in mente, p. es., che gli strati di carbon fossile rappresentino altrettante vergini foreste, fossilizzate in seno alla terra; mentre il carbon fossile si mostra sotto forma di una roccia nera, lucida e compatta, ove l'occhio più acuto non scorgerebbe nè una cellula, nè una fibra? Quelle vergini foreste, mentre erano *conservate*, erano anche *trasformate*.

Anche qui sorvoliamo, e siamo ben lungi per ora dal voler penetrare il mistero di tali trasformazioni. Quei fossili attestano questa virtù trasformatrice della natura, e ci serviranno più tardi a penetrarne le leggi, a farci conoscere come l'attuale costituzione del globo si debba in gran parte a quella virtù, per cui la natura, come converte in calcare cristallino il guscio di una conchiglia, può cambiare in calcare saccaroide o cristallino una montagna di calcare compatto, e come carbonizza un arboscello in seno alle acque, così può convertire in litantrace una foresta.

171. Lo specchio (§ 160) compone il terzo gruppo di *organismi sostituiti*. Qui non solo è perduta una parte delle sostanze costituenti l'organismo; non solo sono profondamente modificati i caratteri fisici, e cambiata la struttura del fossile; ma il fossile stesso è cambiato sostanzialmente, e si può dire che non è più, perchè sostituito da altre sostanze, le quali non fecero che assumere la forma dell'organismo distrutto. È frequentissimo il caso di conchiglie trasformate in pirite, o solfuro di ferro, di foglie e tronchi

cambiato in ferro ossidato, ecc. La sostituzione può essere totale, può essere parziale; può darsi pure che una parte delle sostanze native del fossile entrino nella composizione del corpo che gli si è sostituito, assumendone la forma: ma a ogni modo si verifica pur sempre una vera sostituzione di una sostanza ad un'altra.

172. Qui dobbiamo arrestarci a sancire il fatto, senza cercarne le ragioni. Le esperienze però ci dimostrano intanto come questa singolare virtù non è privilegio dell'antica, a cui abbia rinunciato la novella natura. I portenti elettro-chimici dipendono appunto dalla facoltà che hanno le correnti galvaniche di sciogliere un corpo atomo per atomo, per ricomporle altrove sott'altra forma. Così un pezzo informe di rame, che pesca nel bagno di un apparato di galvanoplastica, scompare a poco a poco, e si ricompone altrove, per un supposto, in forma di medaglia. Se una corrente galvanica può scomporre un corpo, e ricomporlo altrove sotto una data forma, può anche distruggere un organismo, atomo per atomo, e sostituirvi, pure atomo per atomo, un'altra sostanza che ne riproduca la forma. Il vuoto, lasciato da una molecola di un organismo che si scompone, può ben figurare come l'incavo di un modello di cera, entro il quale si precipita il rame in un apparato di galvanoplastica, sostituendo, cioè riproducendo la forma della medaglia, che fu dianzi staccata dal modello suddetto. E quando si consideri che l'organismo può scomparire molecola per molecola, ed essere, molecola per molecola, sostituito, si intenderà come esso organismo non possa essere soltanto modellato (chè dei modelli dobbiamo discorrere più tardi), ma veramente riprodotto integro nella forma, benchè diverso nella sostanza. Ciò è tanto per dire come la sostituzione di un fossile sia tutt'altro che un caso impossibile, e trovi anzi delle buone analogie nei fenomeni già rilevati dall'esperienza. Qui però più che altrove sentiamo il bisogno di rinviare le indagini ad altro tempo. Questo lavoro, per cui una conchiglia calcarea si trasforma in una conchiglia di solfuro di ferro, è parte di quello stesso lavoro grandioso, per cui tutta la massa del globo si è trasformata o tende a trasformarsi. Come una conchiglia si cambia in pirite, così uno strato d'argilla può cambiarsi in uno strato di micaschisto. Questo fremito occulto che ricerca gli atomi nelle ime viscere della terra, e li agita, li trasporta, li associa, servendosene come di altrettanti elementi di novelle creazioni, è ciò che può chiamarsi vita del globo: nè ci teniamo dispensati dall'indagarne il mistero, solo aspettiamo di essere soccorsi nelle nostre indagini da altri studi, che a questo difficilissimo devono necessariamente farsi precedere.

173. Parliamo ora degli *organismi modellati*, costituenti il quarto gruppo contemplato nello specchio (§ 160). Trattasi ancora di un caso di sostitu-

zione; ma pei *fossili sostituiti* abbiamo ammesso che il fossile si scomponga e si ricomponga atomo per atomo, in guisa che, ciò che rimane non sia semplicemente un modello, un ritratto dell'organismo distrutto, ma l'organismo stesso, riprodotto con altra materia. Della sostituzione noi siamo costretti a cercare le ragioni nella virtù elettro-chimica; i modelli invece possono ottenersi per altre vie molto più facili, e perciò molto meno meravigliose.

174. Supponiamo che una conchiglia sia interamente distrutta, sicchè rimanga vuoto lo spazio che essa occupava in seno a uno strato. Potrà darsi che per qualunque via una sostanza qualunque penetri in quel vuoto e lo riempia: quella sostanza, modellandosi in quel vuoto, piglierà la forma della conchiglia distrutta. Dico la forma, non già la struttura; perchè l'organismo che doveva determinarla, era distrutto, e il vuoto non ne conservava che la figura esterna. L'organismo è dunque semplicemente ritrattato o modellato, non riprodotto nè sostituito. I fossili modellati possono, come dice lo specchio (§ 160), dividersi in diversi gruppi, secondo le diverse circostanze antecedenti o consegnenti del loro modellamento. Così abbiamo dei modelli interni, dei modelli esterni, o semplicemente delle orme e delle impronte fisiologiche.

175. L'arte del modellare consiste nel coprire l'esterno di un corpo di una sostanza plastica, per es. della cera fusa, del gesso liquido, la quale, divenuta rigida, conservi la forma esterna di quel corpo, quando il corpo stesso sia levato o distrutto. Quando detto corpo abbia delle cavità, ossia un interno, il modellatore vi introduce la stessa sostanza plastica, la quale ritrae le forme interne di quel corpo. La natura, non potendo sempre conservare le reliquie organiche sepolte negli strati, provvide alla scienza, conservandone i modelli esterni e interni, sicchè lo studioso può cavare da quelle *negative* le *positive*, riprodurre cioè l'organismo nella integrità delle sue forme interne ed esterne. Le conchiglie dei gasteropodi, p. es., ossia delle chiocciole marine, libere dall'animale per la putrefazione, rimangono aperte, sicchè il fango marino vi penetra facilmente e perfettamente vi si modella. Lo stesso fango poi investe la conchiglia, e ne modella l'esterno. Dopo tutto questo supponiamo che la conchiglia sia, come si verifica in mille casi, decomposta o distrutta: ne rimarranno i modelli esterno e interno, sicchè potrò riaverla nella sua integrità. È un processo tutto meccanico, per cui l'esterno di un corpo organico non manca mai di essere modellato in un sedimento qualunque. Non sarà così facile la cosa quanto all'interno; anzi sarà, in molti casi, impossibile. Abbondano, p. es., tra i fossili, i nautili, gli ammoniti, in fine i cefalopodi concamerati, cioè le chiocciole marine, il cui interno è diviso in un gran numero

di camere, separate l'una dall'altra da solida parete, che impedisce la communicazione coll'esterno. L'introduzione di una sostanza per via meccanica riesce assolutamente impossibile. Ma la natura arriva ugualmente a modellare l'interne di quelle conchiglie per *infiltrazione*. L'acqua, pregna di sostanze minerali, penetra cioè attraverso i pori della conchiglia, e vi attiva quel processo che noi abbiam detto di *stalagmitizzazione*.[1]

Così l'interno dei nautili, degli ammoniti, si trova molto sovente modellato internamente dal calcare compatto, o d'indole stallattitico o cristallino e spatico. La selce, e tutti i minerali solubili nell'acqua possono ugualmente produrre dei modelli interni per infiltrazione.[2]

176. Le *orme* e le *impronte* propriamente sono ancora modelli esterni; ma noi diremo che un corpo si modella, quando una sostanza qualunque gli si applica e ne ritrae lo formo, come abbiamo veduto testè. In questo processo l'organismo è affatto passivo, tantochè i *modelli* fossili, nel senso espresso, non si formano che dopo la morte dell'animale. Ma potrà l'animale stesso agire attivamente, durante la vita, anche solo di passaggio, per cui le sue forme esterne rimangano impresse in un sedimento, o vi restino le traccie del suo operare. Il caso più pratico è quello delle pedate che gli animali, camminando, lasciano impresse sul suolo, o meglio sui sedimenti littorali, dove possono venir ricoperte da uno strato che le conservi, modellandovisi esattamente. Noi parleremo delle grandi orme appajate del *Labyrinthodon*, che misurano sugli strati del trias i lenti passi di una rana grossa come il bue. Così impareremo a conoscere dallo orme, impresse sugli strati, un gran numero di uccelli, di rettili, di insetti, di cui non c'è rimasta una sola reliquia.

177. Col nome di *impronte fisiologiche* indichiamo tutte quelle traccie che restano di qualunque lavoro di animale, in conformità co' suoi istinti e colle

---

[1] *Dinamica terrestre*, § 564

[2] I modelli, più facilmente che i fossili conservati, possono rivelare al naturalista le forme interne, sulle quali si fondano principalmente i distintivi generici e specifici delle conchiglie. Una conchiglia fossile può assai difficilmente liberarsi dalla roccia, a meno che questa non sia molle o incoerente: per ciò i paleontologi non possono forse ancora precisare una volta su cento i caratteri delle specie da essi stessi determinate. Quando invece il fossile è distrutto, e ne rimanga il modello interno, si può con questo riprodurre esattamente, quindi studiare, l'interno della conchiglia. Io sono così riuscito a ristorare perfettamente, come fosse vivo, il *Choncodon infraliasicus*, specie molto caratteristica dell'Infralias, munito di un apparato cardinale complicatissimo, o l'intera famiglia dei *Dicerocardium*, conchiglie del trias, che offrono uno dei tipi più bizzarri ed eccezionali, di cui possono vantarsi gli antichi mari a fronte degli attuali. Quanto al vantaggio che si può trarre dai modelli esterni, mi basterà citare le vittime della distruzione di Pompei, che, modellate perfettamente dalle ceneri o dai fanghi vesuviani, si vedono ora magnificamente rifatte in gesso, colla semplice introduzione di questa sostanza, col metodo a tutti noto, nelle cavità che lasciarono i corpi decomponendosi.

sue abitudini. Le teredine, p. es., traforano il legname fisso o galleggiante nei mari, cagionando in tal modo gravi danni ai bastimenti. Un pezzo di quel legname, così traforato, sepolto sotto a un fondo marino, mostrerebbe le traccie del lavoro delle teredine, tanto meglio se le gallerie, scavatevi da quegli animali, venissero riempite, cioè modellate, da un sedimento. Nei nostri terreni terziarî trovansi frequentemente dei pezzi di lignito che investono una quantità di corpi lapidei, cilindrici, piriformi, a modo di piccole clave. Quei corpi lapidei non sono altro che le gallerie già praticate dalle teredine in un pezzo di legno dell'epoca terziaria, poi riempite dal sedimento. Quella lignite è dunque un *fossile trasformato*, che mantiene le *impronte fisiologiche*, cioè le traccie del lavoro delle teredine. Come il legno è traforato dalle teredine, così gli scogli, i banchi di corallo, sono traforati dalle foladi e da molte altre specie di conchiglie perforanti. Quelle conchiglie si stabiliscono generalmente al livello del mare, cioè entro la zona di oscillazione fra l'alta e la bassa marea. Il geologo, osservando certi fori nei diversi terreni, vi riconosce le impronte fisiologiche delle foladi, e segna sui diversi strati le linee degli antichi littorali. Molti vermi marini strisciano sul fondo, ovvero si insinuano entro lo stesso fondo fangoso, percorrendolo in tutti i sensi come i lombrici di terra. Certe impronte, certi corpi labirintiformi, senza fine, noti sotto il nome di *cololiti*, perchè simili a budella di animali, che si disegnano, p. es., sulle marne cretacee della Brianza, e sugli schisti probabilmente terziarî di Genova, non sembrano essere altro che impronte fisiologiche, cioè traccie e gallerie di vermi, che formicolavano negli antichi fondi marini. Le traccie dei denti sopra gli ossami delle caverne sono impronte fisiologiche, che vi affermano la presenza di animali carnivori; e così via via. Fra le impronte fisiologiche annovereremo anche le traccie del lavoro umano che servirono tanto in questi ultimi tempi agli studî preistorici, i quali costituiscono quasi un ramo nuovissimo di geologia stratigrafica.

178. Tra i fossili i geologi sogliono numerare anche le così dette *impronte fisiche*, cioè le traccie lasciate da qualunque fisico agente. Questi fossili formano una categoria a sè, e quindi sono esclusi dal nostro quadro. Non si dovrebbero nemmeno considerare come fossili, da distinguersi nel caso coll'epiteto di inorganici, in quanto che non sono veramente che accidenti, cioè modi di presentarsi, dei sedimenti. Qui tuttavia è luogo opportuno per darne un cenno. Gli stratigrafi moderni sogliono sovente indicare sulle superfici ondulate degli strati le impronte fisiche delle onde. Gli strati così ondeggianti avrebbero costituito dei bassi fondi, perchè l'ondeggiamento vi riuscisse sensibile. Gli stessi geologi indicano alcuni strati come assolutamente littorali, perchè butterati dalle goccie di pioggia, o screpo-

lati dal sole. I ciottoli componenti certe puddinghe si mostrano impressionati dai ciottoli circostanti. Quelle impressioni sono impronte fisiche, che accennano alle poderose compressioni esercitate sopra quegli strati, specialmente durante il loro sollevamento. Impronte fisiche sarebbero le striature e le scanalature dei ciottoli glaciali o delle roccie poste sul passaggio di un ghiacciajo. Gli stessi ciottoli arrotondati recano l'impronta fisica delle acque che li hanno rotolati. Sono tutti dati preziosissimi, che possono, come i fossili organici, dar lume al geologo circa l'origine dei sedimenti e le condizioni dei luoghi, ove essi sedimenti si formarono.

179. Alcuni riflessi sui diversi processi di fossilizzazione che abbiamo descritti, e sui diversi stati di conservazione dei fossili, ci serviranno a mostrare sempre meglio quale partito possa trarre dalle reliquie organiche il geologo che si studia di rifare il globo nelle diverse epoche. Osserviamo anzi tutto che la fossilizzazione degli organismi per incrostazione o per imbibimento non può essere operata che per mezzo di sostanze solubili nell'acqua. Lo stesso dicasi della fossilizzazione per sostituzione elettro-chimica; poichè i processi, coi quali si spiegherebbero tali trasformazioni, non si attivano che per via umida. È un fatto intanto che i minerali, più communemente impiegati nella fossilizzazione, sono anche quelli che si trovano più spesso sciolti nell'acqua, come il carbonato di calce, l'ossido di ferro, l'acido silicico, ecc. Alcune di quelle sostanze però non sono solubili che ad alta temperatura e sotto forti pressioni. In questi casi certamente il processo della fossilizzazione dovette attivarsi a grandi profondità, dove si verificano appunto le condizioni richieste di temperatura e di pressione.

180. Nel processo della fossilizzazione, considerato nei diversi suoi modi, possiamo distinguere quattro azioni, o, come si direbbero, quattro momenti diversi, pei quali un organismo può o deve successivamente passare. Questi momenti sono: 1.° la *conservazione*, per cui la reliquia organica rimane qual'è per un tempo più o meno lungo; 2.° la *trasformazione*, per cui l'organismo è semplicemente modificato, conservandosi però ancora sostanzialmente; 3.° la *distruzione*, per cui l'organismo scompare; 4.° il *modellamento* o la *sostituzione*, per cui un organismo può essere riprodotto con altre sostanze, o mano mano che si distrugge, o compita la sua distruzione. Un fossile può dunque essere il risultato di lunghe operazioni, negative o positive, che esso medesimo ci rivela nel suo modo di essere. Nel tempo stesso non è determinata la durata dei momenti in cui si compiono le diverse operazioni, como non è nemmeno necessario che un organismo le subisca tutte successivamente.

181. Cominciando a ragionare del primo momento, ossia della *conserva-*

zione, l'organismo può conservarsi indefinitamente, come troviamo conservati i fossili paleozoici, su cui si leggono miriadi di secoli, e può rapidamente distruggersi, come vediamo consumarsi sotto i nostri occhi tanti organismi da noi visti viventi.

Vi hanno frutti, e fin giovani foglie, che, per dir così, conservano silicizzata tutta la loro freschezza. Pare che, per prevenire il guasto della decomposizione, che succede in poco d'ora per quei delicati organismi, la petrificazione debba esser stata rapidissima. Non vi ha infatti ragione per credere, che al perfetto imbibimento di un corpo qualunque si esiga un tempo appena lungo. Sotto forti pressioni singolarmente, l'imbibimento succede a mo' d'injezione e può essere istantaneo. Si richiami in proposito quanto si è detto circa la rapidità colla quale possono imbeversi i legni sotto forti pressioni.[1] Nessun dubbio poi circa la rapidità del processo di incrostazione, il quale può prevenire la decomposizione delle sostanze più corruttibili. Si ricordino, p. es., i nidi d'uccelli incrostati dalle acque di Carlsbad. Sui margini delle acque incrostanti i muschi più delicati si incrostano, cioè si fossilizzano ancora viventi.

182. L'esame però dei fossili porta a credere che, per quanto il fossile sia in breve posto in condizione di conservarsi, il processo della fossilizzazione è lentissimo, o, per meglio dire, il fossile nelle viscere della terra è sottoposto ad una continuità di azione, che ne compie grado grado la metamorfosi attraverso miriadi di secoli. Fatto sta che ordinariamente i fossili sono tanto più conservati, quanto sono più recenti. Le conchiglie subappennine non si distinguerebbero quasi dalle viventi, e in via ordinaria non hanno subito che quella specie di calcinazione di cui parlammo. Più discendiamo per la scala dei terreni, e più vediamo i fossili perdere i loro caratteri nativi, lapidefarsi sempre più, finchè non si distinguono dalla roccia, che li chiude, se non per la loro forma.

183 Prendiamo per esperimento quel carattere, che si può dire il più labile, che soffre di qualunque minima alterazione dell'organismo, parlo del colore. Nei fossili subappennini, appartenenti a strati relativamente recentissimi, troviamo spesso i colori più vivi, il rosso, il giallo, appena impalliditi. Nei terreni miocenici ed eocenici, più antichi degli strati subappennini, le conchiglie sono ordinariamente scolorite, ridotte ad una tinta bianca uniforme. Si distinguono però assai bene dalle roccie in cui si trovano. Nei terreni cretacei, giuresi, triasici, paleozoici, cioè nei terreni più antichi furono, per così dire, fusi colla roccia, di cui hanno preso il colore e la consistenza.

[1] *Dinamica terrestre*, § 364.

184. Vi sono però delle eccezioni, le quali mostrano che la trasformazione procede più rapida o più lenta secondo le circostanze. Io trovai nei terreni triasici, cioè tra i petrefatti di Esino, delle conchiglie ridotte all'estremo grado lapideo e che pure conservavano in modo mirabile il disegno ornamentale. Non è più tuttavia il nativo colore che esse conservano; ma, del tessuto pigmentare non essendo rimasto, a quanto pare, che il puro carbonio animale, gli ornamenti si disegnano semplicemente in nero.

185. Tra le sostanze solide poi ve ne ha una che sembra quasi affatto ribelle ad ogni modo di trasformazione. Parlo della madreperla che costituisce lo strato interno delle conchiglie, acquistando in alcuni generi, come nelle meleagrine, nelle perne, ecc., uno spessore considerevole, mediante la sovrapposizione di lamine esilissime. Se lo strato della madreperla nelle perne fossili subappennine è tale che non si distinguerebbe da quella delle perne viventi, la stessa madreperla luccica ancora nei brachiopodi della antichissima epoca paleozoica.

Del secondo momento, ossia della *trasformazione*, abbiamo già dovuto parlare nei paragrafi precedenti. Abbiamo veduto come la trasformazione di un organismo può essere anch'essa rapida o lentissima. Noi riduciamo in breve ora a puro carbone sui nostri camini un pezzo di legno che impiegherà molti anni a carbonizzarsi in seno a una torbiera. Abbiamo anche veduto come la trasformazione, sia rapida sia lenta, è però progressiva, per cui fino a un certo punto si potrà desumere l'antichità del fossile dal grado più o meno avanzato della sua trasformazione. Per esempio, le torbe, le ligniti, il carbon fossile, l'antracite, la grafite, segnano i differenti stadî della progressiva trasformazione dei vegetali fossili. Ora si osserva in genere, che lo stadio è tanto più avanzato, quanto è più antico il terreno a cui il fossile appartiene. Infatti le torbe appartengono in genere ai terreni attuali; le ligniti ai terreni terziarî; il carbon fossile ai terreni secondarî; l'antracite e la grafite ai terreni primitivi.

186 Ciò che abbiam detto del primo momento, ossia della conservazione, lo ripetiamo naturalmente del terzo momento, ossia della *distruzione*. Questa può essere rapidissima o lentissima; parziale o totale. La distruzione non ci dice dunque che il fossile è antico, come la conservazione non ci dice che esso sia recente.

187. Il quarto momento, ossia il *modellamento* o la *sostituzione* possono anch'essi compirsi in breve tempo, ovvero esigere un tempo lunghissimo. Si trovò, p. es., un affusto di cannone convertito in perossido di ferro. Ma chi può dire quanto tempo si esiga perchè una conchiglia sia riempita di selce, penetrata attraverso i pori della conchiglia stessa, o perchè un'altra conchiglia si converta in solfuro di ferro? È tutto uno studio da farsi. Il modellamento e la

sostituzione presentano poi nella pratica un mondo di problemi. Tuttavia la scienza riuscirà a poco a poco a rendere ragione dei diversi casi, potendo già fin d'ora sancire, che nell'interno del globo l'attività è estremamente mutabile, per cui un corpo organico, sepolto in un dato strato, può andar successivamente soggetto a processi chimici differenti, che saranno indicati dal suo modo di essere. È frequente il caso, p. es., che di una conchiglia non ci rimanga che il modello interno, mentre lo spessore del guscio è rappresentato da un vuoto, che lo riproduce negativamente, in un modo così perfetto che, riempiendolo, supponiamo di cera o di gesso, io posso riavere la conchiglia perfettamente modellata. Per spiegare questo fatto basta il supporre, che l'organismo abbia resistito abbastanza lungamente alla decomposizione, perchè fosse riempito da quella sostanza, che ne formò il modello interno; ma col tempo scomparve o per naturale scomposizione, o perchè preda di un agente qualunque, che, per legge di affinità chimica, si impossessò de' suoi elementi. Forse più tardi la natura, cambiando modo di agire in quel punto, avrebbe riempito quel vuoto di silice o di solfuro di ferro, e avremmo trovato un *fossile sostituito* dove ora troviamo semplicemente un *fossile modellato*. Tenendo calcolo dei momenti, ossia delle operazioni successive, per cui può compiersi il processo della fossilizzazione, potrò rendermi ragione dei casi a prima vista più inesplicabili. L'arte è anch'essa obbligata talvolta a ricorrere successivamente a diversi processi, prima di conservazione, poi di distruzione, all'intento di studiare piuttosto una parte che l'altra di un dato organismo. Le injezioni, p. es., tra i processi tassidermici, sono talvolta ordinate a mettere in evidenza le ramificazioni dei canali sanguigni, chiliferi, ecc., levandone un vero modello interno. Injetto, p. es., un pezzo di muscolo con ceralacca fusa, poi lo lascio putrefare in macerazione, o lo sottopongo all'azione dell'acido nitrico. Il muscolo è distrutto; ma mi resta il modello dei vasi in ceralacca. Per trovare un processo probabile in natura, che risponda al caso, suppongo che una conchiglia, sostanzialmente calcarea, sia riempita di selce che ne modelli l'interno; quindi che essa conchiglia sia sottoposta all'azione di un'acqua acidulata, o semplicemente carica di gas acido carbonico. Il secondo supposto è troppo facile a verificarsi. Ebbene la conchiglia calcarea verrebbe intieramente distrutta, come il supposto pezzo di muscolo, rimanendo intatto il nucleo di selce, precisamente come il modello di ceralacca.

Ciò che abbiam supposto per la distruzione e pel modellamento dell'intero organismo, possiamo supporlo parzialmente di ogni singolo elemento dell'organismo stesso, sicchè ne risultino più o meno perfetti o la conservazione o il modellamento.

188. Diffatti il caso di una perfetta conservazione del fossile è piuttosto

ipotetico che raro. Abbiamo già detto che in via ordinaria sono le parti più solide, come le ossee o le cornee, che si conservarono allo stato fossile. Non credo siasi finora verificato il caso della conservazione di alcuna parte molle, come sostanze muscolose, nervose, salvo per fossili recentissimi, come vedemmo parlando della virtù antisettica delle torbe (§ 163). Ma anche le parti solide contengono una certa quantità di grassi, di liquidi, ecc., di sostanze dette animali. Queste sono le prime a scomparire. Lo vediamo nelle conchiglie di fossilizzazione recente, in quelle, p. es., che si trovano nelle argille in fondo alle torbe, od anche nei fanghi lacustri recenti. Queste diconsi communemente calcinate. Prive della sostanza animale, sono fatte più leggiere, friabili, scolorite, dovendosi alle sostanze animali la solidità, una certa tenacità, il colorito, ecc. Anzi la perdita rapida delle sostanze animali, rendendo più porosa la compagine del solido organismo, dove esser la causa che ne facilita l'imbibimento. La parte solida subisce poi diverse modificazioni che, o possono recarne la distruzione, o per l'opposto assicurarne la conservazione nei modi sopra indicati.

189. Avverasi però il caso talvolta, che le parti più molli sono conservate, e distrutte le più solide. Esistono, p. es., dei tronchi fossili di palma, dove il tessuto cellulare vedesi mirabilmente conservato e il ligneo distrutto, rimanendo in suo luogo un vuoto o un semplice riempimento di selce. Ciò dipende, giusta l'avviso di Stokes, dal tempo in cui ebbe luogo l'infiltrazione. Può darsi che l'acqua, pregna della sostanza mineralizzante, abbia agito attivamente appena che quella palma le fu sottomessa; facilmente si sarà insinuata nel tessuto cellulare, assai permeabile, e ne avrà assicurato la conservazione; scemando poi di attività l'agente conservatore, o perdendola totalmente, avrà lasciato, che la fibra lignea si consumasse. Se l'agente conservatore avesse invece tardato a mettersi in azione, il tessuto cellulare avrebbe avuto tempo di distruggersi, e il ligneo soltanto sarebbe rimasto conservato.

190. Credo del resto di aver detto abbastanza, per preparare il lettore a intendere e ad apprezzare certi fatti e certe deduzioni, che ci saranno presentati o suggeriti dalla rassegna cronologica dei sedimenti. Ma la fossilizzazione è fenomeno endogeno; e noi non potremo penetrarne il mistero, nemmeno per quanto la scienza ce lo consente attualmente, se non che dopo aver studiate le leggi che governano l'interno del globo, dopo avere sopra tutto imparato a conoscere quella misteriosa attività metamorfica, così costante e così mutabile ad un tempo, per cui il pianeta internamente si rimuta di continuo; attività, al cui impero non sfugge uno solo degli atomi che compongono il globo.

CAPITOLO IX.

COME DAI FOSSILI SI POSSONO ARGOMENTARE LE CONDIZIONI E GLI AVVENIMENTI DEL GLOBO NELLE DIVERSE EPOCHE.

191. Lo studio dei fossili ha condotto il geologo a stabilire non soltanto una cronologia degli strati, ma veramente una cronologia del globo, una storia degli avvenimenti che si compirono successivamente sulla superficie del pianeta. La geologia moderna non si accontenta di dirci: quale è il primo, quale il secondo, quale è l'ultimo degli strati; ma, come in ogni strato ravvisa un fondo di mare, abitato e percorso da generazioni di animali ora scomparsi; così pretende di conoscere le condizioni di quel mare, di misurarne la profondità; pretende di dipingercelo o tranquillo o tempestoso, o chiuso o libero, o torrido o freddo. Ma v'ha di più: il geologo, dopo avere esaminato uno strato, e raccolti i fossili che esso contiene, vorrà dirvi quale fosse la configurazione delle terre e dei mari in quell'epoca, quale il clima; vorrà insomma descrivere le condizioni dell'epoca, recrearo quel mondo che non è più. Con quali mezzi potè la geologia salire sì alto? Sempre per mezzo della paleontologia, sempre studiando le reliquie organiche, sepolte nelle viscere della terra. È vero che la natura del terreno può svelarci le condizioni, in cui esso terreno fu formato, quindi le condizioni del globo in quel punto, in quel momento. Ma non sempre è facile lo scoprire tali rapporti. Come potremo, p. es., distinguere i travertini che si formarono sulla superficie delle terre, dalle panchine depostesi sott'acqua, lungo i littorali? Coi fossili la cosa è facile: quelli conterranno fossili terrestri, queste reliquie marine. Noi vogliamo dunque nel presente capitolo dare un'idea del come lo studio dei fossili possa gettar luce sulle condizioni di un'epoca geologica qualunque, fino al punto di farci, quasi direi, vivere in quell'epoca.

Anche in questo nuovo studio non possiamo seguire altra via che quella di interrogare la natura attuale, per conoscere come si distribuiscano attualmente le reliquie organiche, in corrispondenza colle attuali condizioni del globo; per conoscere, cioè, come e quali fossili possono trovarsi nei

diversi depositi che si formano, o sulla superficie delle terre, o sui fondi coperti dalle acque. Avremo così raccolto un gran numero di dati attuali, i quali, per la loro corrispondenza coi fatti offertici dallo studio dei fossili nei depositi antichi, ci serviranno a stabilire le condizioni del globo nelle epoche andate.

192. Per semplificare la trattazione dell'argomento, consideriamo in generale i soli fossili animali, salvo nei casi speciali a considerare anche i vegetali, o i fossili di qualunque natura, secondo l'ampiezza della nostra definizione.

Nei fossili devono aversi di mira due stati successivi: 1.° quando il fossile, antico o moderno che sia, era animale vivente; 2.° quando rimase spoglia inerte. Gli animali viventi sono distribuiti secondo diverse leggi; sono perciò più o meno localizzati. Morendo, si troveranno già per ciò solo in certe particolari circostanze di luogo, ove possono formarsi certi depositi. Ma morti che siano, le loro spoglie possono essere spostate, entro certi limiti, dagli agenti meccanici. È già ammissibile come teorema, che la distribuzione, ossia la giacitura, la localizzazione dei fossili, sarà la risultante delle leggi fisiologiche antecedenti e delle forze meccaniche conseguenti. Nel nostro esame della distribuzione attuale delle spoglie organiche dobbiamo aver di mira le une e le altre. Vedremo di coglierne almeno i tratti principali.

193. Una prima legge fisiologica, ordinariamente la necessità della respirazione, divide gli animali in terrestri ed acquatici. Distinguonsi quelli in aerei e terrestri propriamente detti; questi, in animali d'acqua dolce e d'acqua salata. È naturale che le spoglie degli animali giaciano nel rispettivo elemento, e siano quindi involti a preferenza da quei depositi che in ciascun elemento si formano, quando per forza meccanica non siano trasportati altrove. Cominciamo dai casi più eccezionali.

194. Un motto di passaggio sugli animali suscettivi di sostenersi in aria, e di passarvi anche una parte della loro vita. Questi, o posano in terra od in acqua prima di morire, o vi cadono morendo. Parrà ovvio il fare una tale osservazione; ma pure ne scaturiscono riflessi importanti. Prendiamo di mira unicamente gli uccelli e gli insetti volanti. L'uccello si sottrae, volando, alle catastrofi terrestri, di cui spesso riman vittima l'animale terrestre; ma, quando gli manchino le forze, si ritrae in terra a morire; non sarà che un caso fortuito ch'ei cada morto nelle acque, e vi si conservi ne' suoi depositi. Mentre vedremo le correnti trascinare spesso al mare tanta copia di mammiferi, le spoglie degli uccelli saranno decomposte dagli agenti atmosferici. Ecco già una spiegazione della scarsezza grande degli ornitoliti. Gli insetti sono invece abbastanza communi

negli strati fossiliferi. Ma riflettete che ben ristretta è la cerchia dello loro peregrinazioui: che a miriadi si addensano su uuo stagno, dove piovono a miriadi in poco d'ora; che nembi di locuste o d' altri insetti, in balia dei venti, vengono gettati su un lido, affogati nel mare, che a migliaja si impigliano nelle resine delle piante; o vedrete come facilmente si spieghino le ligniti insettifere di Germania, gli strati di Aix e di Oemingen, le ambre insettifere [1] del Baltico, ecc.

195. Un secondo modo affatto eccezionale nella distribuzione dei fossili sarebbe quello di *animali acquatici nei depositi terrestri.* A prima giunta pare assurdo il supporlo. Le correnti possono ben trascinare al mare spoglie d' animali terrestri; ma come mai animali acquatici potrebbero trovarsi sulla terra ferma? Eppure i casi non sono rari. Più volte i vulcani eruttarono pesci, e pesci vennero eruttati dai pozzi artesiani nei deserti dell'Africa. Pesci o conchiglie adunano sui lidi gli uccelli acquatici e gli animali ch' hanno il costume della lontra. Le pioggie d' infusori non sono altro che miriadi di spoglie acquatiche, disseminate in depositi di qualunque natura. Sono fatti eccezionali; ma certe eccezioni paleontologiche non potranno trovar spiegazione che in fatti eccezionali. Ora veniamo ai fatti più ordinari.

196. I casi ordinarî che si verificano nella distribuzione dei fossili, e che sono riprodotti ordinariamente dalla paleontologia, sono: 1.° fossili terrestri in depositi terrestri; 2.° fossili terrestri in depositi acquei; 3.° fossili acquatici in depositi acquei; 4.° fossili d' acqua dolce nei depositi di acqua marina; 5.° miscela di fossili terrestri, d'acqua dolce, e marini. In tutti i casi, che andremo passando in rassegna, o le leggi fisiologiche ci danno sufficienti spiegazioni, o dovremo cercarle alle forze meccaniche; voglio dire che o la giacitura dell' organismo risponderà alla sua natura, o dovrà porgerci indizio di azione meccanica. Fra la terra e i bacini acquei ordinario veicolo sono le correnti; negli stessi bacini acquei v' hanno forze perturbatrici, e prima l'azione delle onde. Calcolando tutte quelle circostanze, che possono determinare la giacitura di un fossile, la paleontologia ci potrà dire come erano distribuiti gli animali nelle epoche andate; quale era la distribuzione dei continenti, dei mari, dei fiumi; quale il clima delle diverse regioni: saprà insomma quasi tutta ridirci la storia del globo. Cominciamo dai fossili che possono essere sepolti nelle diverse formazioni terrestri, e che apparterranno naturalmente ad animali terrestri.

---

[1] Le ambre non sono che resine fossili. Le più celebri località sono le coste del Baltico, ove le ambre sono gettate in pezzi dalle onde sul lido; si raccolgono pure alla foce del Simeto presso Catania. Gli insetti vi traspajono così ben conservati, come fossero viventi.

197. *Fossili nelle dune.* — Chi descrive i deserti dell'interno dell'Africa, non manca mai di dipingerli come vasti ossarî, ove la via si può dire tracciata dagli scheletri o dalle mummie dei camelli morti di stento, e sepolti colle intere carovane dalle montagne semoventi. La estrema siccità dell'aria, e la virtù antisettica delle sostanze minerali, ridotte a finissima polvere, fanno sì, che gli organismi, allo stato di mummia, possano a lungo conservarsi, benchè esposti all'azione atmosferica. Le mummie naturali del Perù, paese ov'è continua siccità, sono ormai note più di quelle dell'Africa. Dicesi, che ogni spoglia d'animale là si mummifichi prontamente, e si conservi all'indefinito. Tornando alle mummie e agli scheletri, saranno, come ognun vede, facilmente coperti dalle dune, e conservati inalterabilmente allo stato fossile. La finissima polvere, trasportata dai venti, con un processo imitato dai nostri fonditori, è capace di modellarsi meglio che qualunque sostanza più plastica. Il tempio d'Ibsambul, scoperto da Burckhardt e Belzoni, vero monumento fossile, come altri mille di quelle inospite regioni, fu trovato così conservato, che sin le antichissime dipinture nulla avevano sofferto. Allo stesso modo agiscono le dune sulle coste; ma, siccome codeste dune costiere, composte in gran parte di tritume di testacei, facilmente si cementano; così conservano i fossili non altrimenti che gli strati petrosi. I famosi scheletri umani della Guadalupa erano in una duna così cementata. Lo stesse dune poi essendo talora composte in gran parte, come accennai, di un finissimo tritume di conchiglie o d'altri testacei marini, presentano un caso assai pratico di spoglie d'animali acquatici nei depositi terrestri; naturalmente però allo stato di detrito. Sulle coste di Cornovaglia i pozzi, sprofondati attraverso le dune, rivelarono strati distinti da croste vegetali.

198. *Fossili nelle frane.* — Quante spoglie possono essere sepolte e conservate sotto le frane! La storia dei moderni scoscendimenti, è storia di città sepolte, di vittime umane, di animali coperti dal detrito. Le frane degli antichi mondi non possono aver agito altrimenti per rispetto agli animali che li popolavano.

199. *Fossili nelle breccie e nelle caverne.* — Analoghe alle frane sono le breccie, ossia i conglomerati che si formano nelle spaccature dei monti col successivo cadervi di materiali detritici. Nulla di più naturale che vi cadano degli avanzi di animali, e vi siano cementati dal carbonato di calce, che sì facilmente investe i cumuli detritici. Il fenomeno geologico delle breccie ossifere non trova però un riscontro finora in breccie di formazione attuale, che siano così ricche di fossili, come le breccie antiche. Forse vi intervenne l'azione delle esalazioni letali, e troveremo per ciò miglior riscontro in certi distretti vulcanici, di cui parleremo a suo tempo.

Così difficilmente si troverebbe un riscontro nell'epoca attuale al grandioso fenomeno delle caverne ossifere. Certo gli animali abitatori delle caverne vi lasceranno facilmente le loro spoglie: queste, incrostate, p. es., dalle stalagmiti, si conserveranno allo stato fossile. Altri potranno precipitarvisi dalle aperture, altri venirvi tradotti dalle correnti.

200. *Fossili nelle alluvioni terrestri.* — Qui non parliamo che delle dejezioni laterali delle correnti, vere formazioni terrestri. Una immensa estensione di terreno, voi lo sapete, può essere così coperta di ghiaje, di sabbie o di finissimo limo. Quante spoglie di animali si trovassero a caso su quel piano alluvionale, verrebbero così facilmente sepolte e fossilizzate.

Lo scavo del canale di Doab nell'India (1833) scoprì una città inda a 5 m. circa sotto il livello del suolo. Sopra un letto di $3^m,65$ d'argilla rossa posava uno strato di $1^m,52$ di sabbie fluviali. La località è nel dominio degli interrimenti dei fiumi attuali. Del resto gli ammassi detritici, di sfacelo o d'alluvione, figurano fra i terreni più fossiliferi. In terreni alluvionali scopronsi, p. es., i primissimi indizî dell'umana industria; letti di carboni spenti, monti di cocci, armi, monete, ossami, monumenti d'ogni genere si raccolgono nelle alluvioni, appena si rivolti una zolla. La novella Roma si erge, per dir così, sopra le reliquie dell'antica. Nell'Egitto, nell'Asia Minore, nella Grecia, nell'Italia, ovunque i terreni detritici celano gli immensi tesori dell'antichità. Così possono trovarsi nei terreni di formazione continentale antica le reliquie degli antichi mondi.

201. *Fossili nelle dejezioni vulcaniche.* — Parlo di quelle dejezioni vulcaniche terrestri, le quali possono coprire o involgere reliquie organiche: poichè le vere correnti di lava, la cui temperatura è atta a liquefare il bronzo, non si sa quale organismo potrebbero conservare in modo che sia riconoscibile. Per la stessa ragione non ci meraviglieremo, se non troviamo fossili negli antichi terreni eruttivi. Ma anche la lava si raffredda, e può quindi involgere e conservare oggetti organici. I *cannoni vulcanici* non sono altro infatti che tronchi carbonizzati, involti dalla lava. Se parliamo poi delle eruzioni fangose, dei lapilli, delle ceneri finissime capaci di modellarsi perfettamente, non v'ha oggetto, che non possa venire sepolto e conservato. Pompei ed Ercolano sono in questo senso vere città fossili. Come fossili per modello esterno ho già citato gli uomini scoperti a Pompei. I papiri di Ercolano sono esempî di fossili conservati per conversione chimica, cioè carbonizzati.

202. Esaurito ciò che riguarda il primo caso ordinario della distribuzione dei fossili, cioè la presenza di animali terrestri in depositi terrestri, passiamo al secondo caso: — la presenza di animali terrestri in depositi acquei. — Anche questo caso è molteplice.

203. *Fossili nelle alluvioni marine.* — È un fatto raro che il mare oltrepassi i suoi confini, o abbandoui sul continente le sue dejezioni; ma se ciò avviene, spoglie terrestri rimarranno coperte sotto un' alluvione marina. Nel 1787 un uragano spinse il mare entro la terra, sulle coste del Goromandl, fino a 21 miglia dal lido. Sotto il limo, che lasciò ritirandosi, centomila scheletri di cornuti erano sepolti.

204. *Fossili terrestri nei depositi di precipitazione chimica.* — È argomento ormai esaurito. Conchiglie terrestri, ossami, vegetali, intere foreste possono venire fossilizzati, cioè coperti, involti dal sedimento delle acque incrostanti, deposto sulla superficie della terra asciutta. Le foreste del Roaring-fluss nella Giammaica, le felci convertite in selce a San Michele nelle Azzore, ecc., forniscono splendidi esempi.

205. *Fossili terrestri nelle formazioni marine e lacustri.* — Nei limiti attuali della geologia i depositi puramente terrestri hanno pochissima importanza. Riflettete su questo fatto, che può essere fecondo d'altri importanti. Le formazioni terrestri non hanno importanza che per la geologia dell'epoca attuale, per il periodo quaternario, per quella che altri chiama *geologia della superficie.* Forse negli antichissimi tempi non si formarono frane, dune, dejezioni fluviali, incrostazioni? Sarebbe assurdo il dubitarne. Ma tant'è; la geologia delle epoche anteriori all'epoca quatornaria non sembra altro noverare che sedimenti subacquei. Da ciò l'importanza specialissima dei fossili subacquei. Considerando ad ogni modo i casi diversi, per cui le reliquie di animali terrestri possono trovarsi in sedimenti subacquei; troviamo dapprima che quegli animali possono direttamente affogarsi nei laghi o nel mare. Si verificano a questo proposito dei casi eccezionali. Riferisce, p. es., il Lyell, che nel 1835 alla Concezione, per una scossa di terremoto, molti animali sdrucciolarono in maro, e 70 di essi furono travolti da un'onda che superò una bassa isola. Le correnti sono del resto il veicolo ordinario, per cui le spoglie terrestri possono essere condotte nei grandi bacini. Ma la forza erosiva di esse correnti, o i mille accidenti che si possono incontrare nel corso di un fiume, congiurano contro la conservazione delle spoglie che venissero per avventura travolte.

Sono pochissimi infatti i turaccioli che, gettati dai Parigini nella Senna, giungono al mare, se prestiamo fede alle osservazioni di d'Orbigny. Ma gli animali, segnatamente i mammiferi terrestri, putrefacendosi, si gonfiano e galleggiano, ed è così facilitato il loro trasporto nei laghi e nei mari. Il Rio della Plata, secondo Lyell, conduce spesso al mare tigri ed altri animali selvaggi. Ciò è in contraddizione con quanto asserisce d' Orbigny:[1]

---

[1] *Cours élémentaire*, ecc. Tom. I, pag. 110.

« Abbiamo visto nei nostri viaggi immensi corsi d'acqua, la Plata, il Parana, l'Uraguay, e tutti gli affluenti boliviani dello Amazzoni; nè mai abbiamo incontrato un animale galleggiante in seno alle vaste solitudini del nuovo mondo. »

206. È certo tuttavia che, per lo meno nelle grandi inondazioni, possono essere travolti dalle fiumane tali sterminate quantità di animali terrestri, da porger ragione di certe meravigliose congerie negli strati terrestri. Lyell riporta varî convincentissimi esempî. Molti animali, sparsi nelle savane, sono ogni anno fluitati dalle piene dell'Ampuro tributario dell'Orenoco. In seguito ad un'inondazione del Morayshire, nel 1829, migliaia di rane, ancora viventi, furono ritirate dal fango deposto in mare. Così possono esservi travolti i cocodrilli e gli altri rettili. Nel 1795, per una straordinaria piena del Solway-Firth (Scozia meridionale), su un banco di sabbia vedeansi ammonticchiati allo sbocco del fiume 3 cadaveri d'uomo, 9 di vacca, 3 di cavallo, 1840 di montone, 43 di cane, 180 di lepre, e gran copia di animali più piccoli. Nel 1829 si gonfiò straordinariamente lo Svey (Scozia); il lido del mare videsi sparso di milioni di animali domestici, di lepri e di conigli. Le asserzioni di d'Orbigny non provano dunque nulla.

207. Cerchiamo piuttosto che avvenga dei cadaveri degli animali terrestri così travolti nel mare. Per lo svolgimento dei gas prodotti dalla putrefazione, circa nove giorni dopo l'affogamento il corpo si gonfia e galleggia. I mostri marini non risparmieranno a lungo quel corpo, e i pochi avanzi verranno dispersi senza legge sul fondo.

La cosa è però diversa se i cadaveri si incontrano in un bacino limitato, in un lago. Galleggiando, verranno gettati sulla spiaggia, dove staranno a sfasciarsi, cullati dall'onda. La più volgare esperienza ci assicura di ciò. Ma v'ha un altro accidente a cui io inclino ad accordare una grande importanza. I corpi galleggianti sulla superficie di un lago, appena siavi un seno laterale, vi vengono facilmente spinti dal vento, e là stagnano, imputridiscono. Rotti gli integumenti, il corpo cadrà a brani sfasciato. Ecco come a poco a poco nel seno supposto potranno formarsi veri ammassi di ossami di mammiferi terrestri. Le darsene di Como sono esposte così ad essere, dopo un vento di lunga durata, ingombre d'ogni sorta di galleggianti, comprese le carogne, in guisa che l'acqua ne rimane interamente coperta. Io visitai una di tali darsene dopo un vento di forse tre giorni. In mezzo all'ammasso di bruciaglie galleggianti, che vi formavano uno strato d'un certo spessore, scoprii, se ben mi ricordo, almeno tre carogne di cane. Gli ossarî di Pikermi e di Montmartre, di cui parleremo, ed altri ammassi di ossami di mammiferi, in strati d'origine lacustre, o deposti in seni marini, si spiegherebbero per tal modo facilmente.

208. Il terzo caso ordinario, anzi il più ordinario di tutti, è quello del seppellimento di organismi acquatici in depositi subacquei. Come nei sedimenti fluviali o lacustri possano trovarsi abbondanti le spoglie delle conchiglie d' acqua dolce, sarà di leggeri compreso da chi abbia una sol volta osservato i fondi dei nostri laghi, coperti letteralmente di paludine, di *Unio*, ecc.

Un fatto parziale si avvera specialmente pei bacini lacustri. Essendo soggetti a rapidi, improvvisi interrimenti, si verifica, assai più facilmente per essi che pel mare, l'alternanza di strati sabbiosi o di strati fangosi. Le conchiglie lacustri prediligono i fondi fangosi, dove, sprovvedute di facile locomozione, vengono facilmente sorprese e soffocate sotto gli improvvisi interrimenti fangosi. Da qui l'alternanza di strati fossiliferi e non fossiliferi, che si verifica nei sedimenti lacustri d' antica epoca, come si verificò pei laghi prosciugati della Scozia, pel lago Superiore d'America sopra vasta estensione prosciugato naturalmente, ecc. Qui sarebbe a dirsi degli animali marini, le cui spoglie debbono del pari naturalmente trovarsi nei depositi marini. Ma la distribuzione dei fossili nei sedimenti marini è argomento di tale importanza per la geologia, ed offre casi così molteplici e varî, che ce ne intratteremo in modo speciale, dopo che avremo esaurito quanto riguarda gli animali terrestri, fluviali e lacustri, in quanto possono essi pure venir trasportati in sedimenti di mare e formare delle miscele assai caratteristiche coi fossili marini.

209. *Miscela di fossili terrestri, marini e d'acqua dolce.* — È superfluo l'avvertire che, come gli animali terrestri possono dalle correnti essere condotti al mare, potranno esserlo del pari le conchiglie e i pesci d'acqua dolce. La miscela però di animali di acqua salata o d'acqua dolce, principalmente delle conchiglie, non può ordinariamente avvenire che per forza meccanica. Sono interessanti in proposito le osservazioni fatte da d' Orbigny nel golfo di Luçon, ai confini della Vandea.[1] Una zona di tre o quattro chilometri separa le conchiglie marine dalle lacustri. Si osserva pure che sui lidi del mare, in vicinanza allo sbocco di un fiume, si trovano quasi esclusivamente conchiglie di terra miste alle marine. Alla foce della Marecchia, sulla spiaggia di Rimini, non mi fu dato di raccogliere nessuna conchiglia fluviale, mentre vi era grande abbondanza di conchiglie terrestri, miste alle marine. La ragione sta in ciò, che le conchiglie d' acqua dolce amano i fondi tranquilli, sono lacustri piuttosto che fluviali: saranno dunque più presto sepolte dai sedimenti del fiume, che trasportato dalla forza della corrente. Le conchiglie terrestri invece, p. es.,

[1] Sono da me riportate nel giornale *Il Politecnico*, vol. XIX, pag. 181-185.

le lumache communi del genere *Helix*, avendo un guscio leggerissimo, che spesso rimane vuoto sul suolo, vengono senza pena trasportate dalle pioggie o dai ruscelli nel fiume, ove galleggiano benissimo, e sono in abbondanza portate al mare. Meccanicamente può ad ogni modo avverarsi una miscela in un sedimento marino di fossili marini, terrestri o d'acqua dolce. Il fenomeno però, troppo accidentale altrove, acquisterà valore soltanto negli estuarî, sopratutto dove esiste un estuario propriamente detto, dove formasi cioè un delta negativo.

210. È qui necessario richiamarsi le vicende cui vanno soggetti gli estuarî marini per l'alternare delle maree.[1] Alzandosi il mare, per effetto del flusso, alla foce di un fiume, viene a questo sottratta la pendenza per un tratto, la cui lunghezza corrisponde all'altezza della marea. Supponiamo al fiume la pendenza di 1 per 100; una marea dell'altezza di un metro eliderà la pendenza del fiume sopra un tronco lungo un chilometro. L'acqua del fiume si arresta come contro una diga, rifluisce, si alza per livellarsi col mare, e formasi una specie di lago d'acqua dolce, sostenuto da una diga di acqua salsa. Ma l'acqua dolce, come più leggiera, finisce a fluire sulla salsa, e la salsa, come più pesante, ad insinuarsi sotto la dolce. Questa sovrapposizione delle due acque comincia ove si determina l'*angolo morto* di cui abbiamo già parlato.[2] Gli animali d'acqua dolce potranno così, seguendo la corrente superiore, spingersi entro i dominî del mare; mentre gli animali marini potranno, seguendo la corrente inferiore, insinuarsi entro terra. Ecco come gli uni e gli altri, sorpresi improvvedutamente dalla bassa marea, potranno sviarsi e perire nell'improprio elemento. È un modo anche questo, oltre l'azione meccanica delle correnti, per ispiegare la miscela di fossili marini e di acqua dolce.

Il fatto da noi dimostrato[3] che, ad onta di mille oscillazioni, la terra si avanza costantemente nel mare, non mai il mare nella terra, ci deve far presupporre che le formazioni d'estuario ci si riveleranno, non solo per la mistura dei fossili, ma anche per la sovrapposizione di strati d'origine diversa, la quale risponda al principio esposto dell'avanzamento della terra, quindi della prevalenza sempre crescente delle cause terrestri. Gli esempî ci servano per tutto di dimostrazione.

211. La valle dell'Ouze, tra Newhaven e Lewes, non è che un estuario, abbandonato dal mare, cioè colmato negli ultimi sette od otto secoli. Una

[1] *Dinamica terrestre*, Parte prima, Cap. VII.
[2] *Ib.*, Cap. VIII, § 258.
[3] *Ib.*, Cap. VIII.

sezione di quei depositi, dello spessore di 9 ad 11 metri, ha presentato al signor **Martell** la serie seguente:

Terra vegetale; torba (1 m. 52);

Strati d' argilla azzurra con conchiglie d' acqua dolce, di specie viventi ancora nei dintorni, e uno scheletro di daino;

Strati d' argilla azzurra con conchiglie d'acqua dolce, e conchiglie marine di quei paraggi;

Strati d'argille con sole conchiglie marine, e un cranio di Narwal.

212. Il *Crag fluvio-marino* di Norwich (ad 8 chilometri da Norwich sulle due rive dell' Iare), deposito postpliocenico descritto da Lyell,[1] servendo per la sua età come di anello tra i depositi di recente e quelli di antichissima formazione, offre il miglior saggio d' una formazione di estuarî. È costituito da banchi di fango, di sabbie, di ghiaje, che riposano sopra un calcare, detto creta-bianca, e sono ricoperti da un grosso deposito di ghiaja silicea. La superficie del calcare è traforata e seminata di una specie di folade (genere di conchiglie litofaghe, ossia perforanti), ancor vivente colà, sulla zona d' oscillazione delle maree. Negli accennati letti si rinvennero almeno 76 specie di conchiglie marine, di cui sette od otto appartengono a specie estinte, e quattordici specie d' acqua dolce, tutte ancora viventi. Là, insieme alle conchiglie acquatiche, esistono conchiglie terrestri, e ossami di rinoceronte, di elefante, di cavallo, di porco, di daino e di topo. Un dente di cavallo si scoprì nella cavità di un *Fusus* (chiocciola marina). Infine quale miscela non può così spiegarsi?

213. Ho già parlato della spiaggia di Rimini (§ 209), per dire come, miste alle marine, si troveranno le conchiglie terrestri più facilmente che le fluviali. La stessa spiaggia ci si offre ora come un bell' esempio di estuario. Su quella spiaggia, come dissi, sbocca la Marecchia, le cui foci, artificialmente incanalate, servono di porto. Il lido è composto di sabbia, che imita perfettamente quelle sabbie plioceniche, dalla cui erosione anzi evidentemente ha origine. Il pendio è morbidissimo, insensibile, sicchè l'onda più debole basta ad accumularvi e a lasciarvi in secco dei banchi, quasi assolutamente composti di avanzi organici, vegetali od animali, in gran parte derivati dal fiume, e in parte di rifiuto marino. Potei colà osservare la più strana miscela, caratteristica degli estuarî. Conchiglie terrestri in gran copia e assai ben conservate (*Helix* di specie diverse, *Bulimus decollatus*, *Ciclostoma elegans*); granchi, echinidi e conchiglie marine (*Venus*, *Solen*, *Tellina*, *Donax*); ghiande di quercia; vegetali terrestri ed alghe marine.

[1] *Manuel*, I, pag. 250.

214. Detto in genere ciò che riguarda la distribuzione dei fossili, dipendentemente dalla distribuzione naturale degli organismi nei diversi elementi, cioè sulla terra e nelle acque dolci o salate, ci fermiamo, in modo speciale, alla distribuzione degli organismi marini nell'elemento loro proprio.

La massima parte degli strati componente la crosta terrestre non presenta che animali marini, i quali accennano a depositi puramente marini. Il loro stato, la loro associazione, la loro distribuzione, non presentano perciò meno una folla di accidenti diversi, la cui spiegazione equivale alla più gran parte della storia del globo. La distribuzione degli animali marini, secondo le leggi fisiologiche, e gli accidenti che possono attribuirsi all' azione meccanica, costituiscono dunque la parte più importante del nostro trattato sulla fossilizzazione attuale.

215. Dividiamo gli animali marini primieramente in *fissi* e *liberi*. Fissi sono, p. es., i coralli, le ostriche, le pinne, le foladi e in genere i litofagi. Tali animali non potranno essere divelti dalla loro sede che da una forza meccanica violentissima. È naturale che muojano dove vissero, e là si fossilizzino, cioè siano involti nei depositi marini. La fissità di tali animali, quando ne siano note le abitudini, servirà di criterio per giudicare di molti fatti geologici, per iscoprire le condizioni locali, secondo le diverse epoche, ecc. — Un banco di corallo, p. es., mi autorizzerà a conchindere, che là esisteva un basso fondo o una rupe, dove il corallo potesse fissarsi; che là ferveva il clima della zona torrida, benchè esso banco ora si scopra nella zona glaciale. Un banco di ostriche mi rivela una costa rocciosa, assai bassa. Le foladi poi lasciano, oltre le spoglie, i loro trafori, cioè le più riconoscibili traccie del loro soggiorno entro gli scogli che scelgono nella zona di oscillazione, tra la bassa e l'alta marea. I loro trafori segnano adunque, per dir così, nientemeno che il livello degli antichi mari, o, per meglio dire, la linea di confine tra i mari e le terre emerse. Infine la distribuzione degli animali fissi allo stato fossile si può dire dipendente unicamente dalle leggi fisiologiche, cioè dalle loro abitudini. Queste una volta conosciute, divengono perciò altrettanti criteri certi e di facile applicazione alla geologia ed alla paleontologia in mille casi diversi.

216. Gli animali liberi invece subiranno assai facilmente l'influsso delle forze meccaniche, tanto più quanto sono meglio provvisti di mezzi di locomozione, e possono quindi trovarsi esposti a maggior varietà di accidenti, i quali possono causarne la morte e determinarne la distribuzione allo stato fossile. Noi li considereremo appunto sotto questo rapporto; ma prima parliamo di una eccezione, la quale affetta animali di natura differentissima, e che determina la loro distribuzione allo stato fossile indipendente quasi assolutamente dalle loro abitudini, cioè dalle leggi fisiologiche.

217. Le conchiglie, i pesci, i crostacei, ecc., quasi tutti gli animali marini, spenti, giaciono, come elementi inerti, sul fondo. Fanno eccezione alcuni, fra i quali segnaliamo singolarmente i cetacei e molti cefalopodi. I cetacei, veri mammiferi, morti si gonfiano e galleggiano. Non abbiam bisogno che di richiamare alla memoria quanto s'è detto a proposito dei mammiferi terrestri, condotti al mare dalle correnti (§ 207), per intendere come tali animali saranno facilmente gettati sulle coste, e preferibilmente nei seni tranquilli, benchè vivano in alto mare. Non si spiegherà però sempre, con questa sola ragione, il trovarsi di tali cetacei in formazioni littorali. Lo stato di perfetta conservazione delle balenottere (cetacei poco differenti dalle balene), che trovansi abbondanti nei depositi pliocenici dell'Apennino, non si spiegherebbe forse così facilmente con un supposto, il quale condiziona la fossilizzazione allo sfascelo. Ma abbiamo un'altra ragione, ugualmente meccanica, per cui i cetacei possono trovarsi sepolti nei depositi littorali. Essendo essi costretti a venire a galla per respirare, non possono sempre resistere alle furiose tempeste che assalgono quelle navi viventi, e le spingono a rompere sulle coste o sui bassi fondi. È un accidente specialissimo di distribuzione, provato però da molti fatti. Eccone alcuni: nel 1806 un Narwall (*Monodon monoceros*) fu gettato sulla spiaggia presso Boston nel Lincolnshire, ancor vivo, ma sepolto nelle fanghiglie. Nel 1682 una balena franca (*Balæna misticelus*) lunga 21^{m} 33, fu ugualmente gettata sulla spiaggia presso Peterhead. Nel 1598 avvenne lo stesso di un *Cœtodon* (*cachalot*, *capodoglio*) sulla spiaggia occidentale d'Olanda, e nel 1831 di una balena enorme allo sbocco del Tamigi.

Si narra inoltre di 100 capodogli gettati sul lido a Knirsten nelle Orcadi, e di una balena di 22^{m} 25 a Stirling, sepolta nell'argilla 6 m. sopra il livello delle più alte marce. Si calcolò che doveva esservi stata gittata, avanti l'êra volgare, da una tempesta.

Chi dalla presenza di quei cetacei fossili avesse concluso, che quelle coste erano in una zona percorsa o dalle balene glaciali (*balena franca*), o dalle balene della zona torrida (*capodoglio*), avrebbe conchiuso ad un errore. Dal complesso degli argomenti, non dai singoli, si conchiude in geologia come in ogni scienza.

218. I nautili, le spirule, ecc., hanno una conchiglia, che, vuota per la morte dell'animale, galleggia, come galleggiano le ossa di sepia. Anche tali conchiglie verranno spinte sulle coste secondo la direzione dei venti. Gli enormi ammassi di ossa di sepia, che coprono talora il lido interamente, attestano questo fatto. Esso è importantissimo per alcune ragioni speciali. Le conchiglie fossili concamerate, quelle p. es., dei nautili, degli ammoniti, delle belemniti, degli ortoceratiti, ecc., generi tutti or quasi

esclusi dal mondo vivente, ebbero uno sviluppo enorme nelle epoche antichissime del globo, costituendo una vera caratteristica delle faune primarie e secondarie. Nella presenza di quelle conchiglie possiede adunque la geologia un criterio per discernere, tra le mille, le formazioni littorali di ogni epoca. Galleggianti son pure le teredini, in quanto s'annidano nei legni fluitati, e così navigando vanno verso i lidi secondo la direzione del vento. Certi depositi, con ligniti sporadiche, non mancano di presentare le teredini, indicanti la natura e l'origine di quelle ligniti. Venendo ora agli animali a spoglia non galleggiante, li divideremo in stazionarî e viaggiatori, ovverosia in littorali e pelagici.

219. *Animali stazionarî o littorali.* — Sono tali in generale le conchiglie (ad eccezione dei cefalopodi concamerati), i crostacei, gli echinodermi. Una perfetta cognizione della zoologia, che comprenda non solo la natura, ma i costumi degli animali marini, può sola supplire alle esigenze della paleontologia, offrendo un numero infinito di applicazioni. Noi, sulla scorta del d'Orbigny, ci accontenteremo di fissare alcuni principî, salvo allo studioso l'applicarli caso per caso, previo lo studio dell'animale, dalla cui presenza allo stato fossile voglia conchiudere alla natura del deposito, alla sua origine, ecc. Gli animali stazionarî o si conservano al loro posto fossilizzandosi, o sono spostati dagli agenti meccanici.

220. Gli animali conservati al loro posto presenteranno i fatti seguenti:

1.° Conserveranno la loro stazione normale. Le bivalve simmetriche avranno una stazione verticale, basandosi sul lato boccale.[1] Le bivalve non simmetriche riposeranno sovra una delle valve, detta inferiore; stazione ordinaria, p. es., dei *pecten*, delle ostriche, ecc. I gasteropodi, camminando come le lumache terrestri sul suolo, avranno una stazione orizzontale, ecc.

2.° Si troveranno associati, com'è voluto dalla affinità o identità zoologica. Non le specie soltanto, ma i generi, le famiglie, i gruppi, prosperando nelle stesse circostanze, si trovano attualmente associate. Qui, p. es., abbonderanno i *Pecten* piuttosto che le *Venus*, i gasteropodi, piuttosto che gli acefali. I pescatori sanno ove dirigersi per pescare le ostriche piuttosto che i granchi o i polpi. Frequenti sono poi le enormi associazioni d'individui della stessa specie: ne offrono esempi i banchi di ostriche, di *Venus* o arselle, di *Cardium*, di *Mytilus*, che si pescano sui diversi littorali.

---

[1] Nelle conchiglie bivalve, simmetriche, il lato boccale, cioè dove hanno la bocca, è il più corto. Il più lungo è il lato anale. È costume di quelle conchiglie di tenersi verticalmente, col lato boccale infisso nel fango o nella sabbia, e col lato anale in alto, libero nell'acqua.

3.° Il fondo su cui stanziano viventi, e quindi lo strato che racchiude i fossili, corrisponderà alla loro abitudini. Per es., le littorine, le purpure, i *Murex*, gli *Echinus*, le serpule, prediligono i fondi rocciosi; i *Nassa*, *Cassis*, *Fusus*, ecc., i fondi sabbiosi; i *Paludestrina*, *Lavignon*, ecc., i fondi fangosi.

4.° Rimarranno ad un dato livello che corrisponde al loro abitato ordinario, cioè:

a) al livello delle alte maree; p. es, *Patella;*

b) al livello dello basse maree; p. es., *Ostrea edulis;*

c) sotto il livello delle maree, come la maggior parte delle conchiglie; od anche a grandi profondità, come le terebratule, gli echinodermi e gli anellidi.

5.° Saranno distribuiti secondo i climi, cioè secondo la diversa temperatura. Si distinguono attualmente benissimo le faune tropicali, temperate, fredde.

6.° Saranno pure distribuiti secondo l'orografia sottomarina e littorale, cioè secondo la forma e i rapporti dei fondi marini, e delle terre che limitano i mari.

221. A proposito degli ultimi due fatti (n. 5° e 6°) sarebbe uopo percorrere un campo immenso. Ma le leggi ordinarie della fisica terrestre, e le leggi speciali che governano le correnti marine, dipendentemente dalla configurazione delle coste, vi porranno in grado di ridurre a principio molti fatti, la cui analisi soverchierebbe di troppo i limiti entro i quali dobbiamo restringerci per ora. Ponete intanto per base, che la distribuzione della temperatura dipende, come da prima causa, dalle latitudini; che però le linee isotermiche, le quali dovrebbero corrispondere alle diverse latitudini, oscillano talora violentemente, per effetto specialmente dello correnti marine; che sulla direzione dolle correnti marine, e sulla distribuzione della temperatura, in generale, ha grande influenza la configurazione delle coste.

222. Ciò posto, ci sarà facile comprendere, ammettere ed applicare alcuni principi che, sempre colla scorta di d'Orbigny, sommariamente vi annuncio.

a) Due mari communicanti, separati da un capo avanzato verso un polo, possono avere due faune distinte.

b) La diversità delle latitudini può dare nello stesso oceano, lungo la stessa costa, due faune distinte.

c) Sotto la stessa zona di temperatura, e sullo coste vicine di uno stesso continente, le correnti possono dar luogo a due faune littorali distinte.

d) Due coste vicine, continentali od insnlari, potranno avere due faune distinte, se separate da un mare profondo, henchè stretto.

e) Due faune distinte sulla stessa costa potranno esser determinate da un semplice accidente di configurazione.

f) Le specie sparse su grande estensione attestano l'azione dello correnti marine.

g) Le specie identiche in due bacini diversi dicono diretta communicazione fra loro.

223. Dai dati offerti sommariamente circa la distribuzione degli animali stazionari, è facile dedurre come si possa, con semplicissime applicazioni, ristaurare la storia degli antichi mondi. Ammesso che la distribuzione delle reliquie organiche di quegli animali sia stata legata in ogni epoca alla configurazione dei mari e delle coste, ai climi, e quindi a tutto le circostanze da cui il clima dipende; lo studio ben condotto dei fossili riuscirà letteralmente a ristaurare gli antichi mari e le antiche terre, e a dirci di queste la forma, l'elevazione, lo stato di umidità, di temperatura, ecc., sempre appoggiandoci a quei fatti che presenta la natura attuale per ciò che riguarda la distribuzione delle reliquie organiche nei depositi che si vanno attualmente formando.

224. Bisogna però stabilire anzi tutto come assioma (ciò che del resto risulta da tutte le osservazioni), che le specie sono propagate da un primo progenitore, o da una prima coppia. Ammesso questo, ne viene di conseguenza che, per le specie animali in genere, la rapidità della diffusione e la limitazione di essa saranno proporzionali, l'una in ragione diretta, l'altra in ragione inversa ai mezzi di locomozione. Gli animali, non solo liberi, ma provveduti di poderosi mezzi di locomozione, come i pesci, i cetacei, potranno spingersi veloci alla conquista de' mari, e, sorvolando gli ostacoli, liberi come l'acqua stessa, rimutarsi da mare a mare, da lido a lido. Vedremo tuttavia come anche questi animali viaggiatori non godano di quella illimitata libertà, che sembrerebbe loro guarentita dalla loro fisica struttura, e dalla potenza dei loro mezzi. Arrestandoci intanto agli animali fissi, o liberi, ma *stazionari*, cioè provvisti di mezzi assai limitati di locomozione, e legati al fondo natio, come i gasteropodi, gli acefali, gli echinodermi, ecc., la loro propagazione non può aver luogo che lentamente, di approccio in approccio, di stazione in stazione.

225. La propagazione di questi animali fissi o stazionari, oltre all'essere lenta, sarà anche assai limitata. Sono infatti questi animali quelli la cui marcia può soffrire ritardo, o venire assolutamente arrestata da un capo che sporga, da un fondo che si levi o si abbassi oltre una certa misura, e anche solo della natura diversa, piuttosto rocciosa che fangosa o sabbiosa,

del fondo; da ostacoli infine, che non si opporrebbero per nulla al cammino degli animali viaggiatori. Anche supposte tutte le migliori condizioni orografiche in favore della rapidità e della estensione della propagazione di una specie, basterà il clima, nominatamente lo stato di temperatura, determinato non solo dalle latitudini, ma anche dalle differenti condizioni delle terre e dei mari, a opporsi alla propagazione delle specie. Le specie, e le faune che ne risultano, saranno per ciò localizzate; non si potranno cioè propagare oltre quei limiti, acconsentiti dalle diverse circostanze, alle quali sono vincolati l'esistenza e lo sviluppo di una specie. La fauna universale di un'epoca, cioè quel complesso di animali che visse in un' epoca data, consterà perciò di un numero maggiore o minore di faune, più o meno localizzato.

La localizzazione delle faune, cioè il frazionamento della fauna universale, in una data epoca, sarà tanto maggiore, quanto sono più varie le condizioni degli ambienti o terrestri o marini, cioè quanto più varia e accidentata sarà l'orografia del globo in quell'epoca.

226. Noi vediamo, p. es., l' epoca attuale presentare un tale accantonamento di faune, o vogliam dire un numero così grande di faune localizzate, che può ritenersi una tale distribuzione degli animali come la maggior caratteristica dell' epoca attuale. Perchè le faune sono così accantonate? Perchè sono impedite di propagarsi oltre certi limiti relativamente molto angusti? Perchè l'orografia presenta una grande varietà; perchè le terre e i mari sono distribuiti, come meglio non si potrebbe, per limitare le specie entro aree relativamente anguste, per frazionare, quanto più si possa, la fauna universale ora vivente. Quando si dovesse ricorrere a un artificio per accantonare nel miglior modo possibile le faune, si potrebbe egli trovarne uno migliore di quello di distribuire le terre e i mari, come sono attualmente distribuiti? Riflettiamo quale debba essere l'effetto di quel tratto più fondamentale dell' attuale orografia tellurica, voglio dire dell'aggruppamento delle masse continentali attorno al polo artico, e la loro divisione in grandi masse, allungate verso il polo antartico. Osserviamo, per es., l' America che, dipartendosi dai ghiacci artici, va quasi a toccare i ghiacci antartici, distendendosi attraverso l'Oceano, a guisa di lungo diaframma, che incrocia tutte le zone, la torrida, le temperate, le fredde, determinando due grandi regioni oceaniche, l'Atlantico e il Pacifico, separate da un continente. La distribuzione del clima secondo le latitudini avrebbe già determinato l' accantonamento di cinque faune diverse; avrebbe cioè frazionata la fauna universale in una fauna torrida, due temperate e due fredde. Una volta che il continente americano incrocia le zone di diversa temperatura e divide in due l' Oceano, le cinque faune

divengono per lo meno dieci. Ma ciò che fece il continente americano, lo fecero alla loro volta, in modo più o meno deciso, l' Europa, l' Africa e l' Asia, determinando e limitando un altro immènso bacino oceanico, cioè l'Oceano indiano. Ecco dunque create sei grandi linee littorali, che incrociano un numero maggiore o minore di zone di diversa temperatura: le cinque faune accantonate diventeranno trenta, moltiplicandole pel numero delle linee littorali.

227. Si noti che noi non abbiamo preso di mira che i tratti più fondamentali dell' attuale orografia tellurica. Ma se gettiamo uno sguardo sul plauisfero, vedremo come ciascun continente, irto nel suo perimetro di capi e di penisole, percorso nell' interno da canali, da maniche, da mediterranei, deve a ogni passo opporsi alla propagazione delle specie sprovviste di potenti mezzi di locomozione. Per ciò le faune attuali sono così accantonate che non solo ogni mare, ma quasi ogni seno di mare vanta una fauna propria.

228. Questo frazionamento della fauna universale costituisce, come dissi, una caratteristica dell'epoca attuale. Ciò vuol dire, che tale frazionamento, dipendendo specialmente dalla forma e dalla distribuzione attuali delle terre e dei mari, è affatto accidentale, affatto dipendente dalle condizioni dell' epoca. Cambiando la forma e la distribuzione dei continenti e dei mari, creando condizioni orografiche diverse, potrei certamente favorir meglio la diffusione delle specie, allargare i limiti delle singole faune, scemarne il frazionamento, in fine ottenerne, entro limiti più o meno vasti, l' universalizzazione, fondere cioè le singole faune in una sola, o in un piccol numero di grandi faune, aventi per carattere ciascuna una grande estensione.

229. Supponiamo, p. es., che i continenti, in luogo di essere allineati, come ora, secondo i meridiani, lo fossero secondo i paralleli. Le faune rimarrebbero ancora divise secondo le latitudini; ma ciascuna potrebbe almeno, sotto la latitudine che le si conviene, propagarsi tutt' all' ingiro del globo. Conchiudiamo in fine come l' orografia terrestre e marina è la prima causa che può favorire o impedire la diffusione tanto delle specie quanto delle faune, in quanto sono composte di animali fissi o stazionarî. La distribuzione delle reliquie organiche di tali animali nelle epoche geologiche, dipendendo dalla distribuzione delle terre e dei mari in ciascuna epoca, potrà, sempre ragionando dall' effetto alla causa, condurci a rifare l' orografia delle diverse epoche.

230. L'orografia, ossia la distribuzione e la forma delle terre e dei mari, non costituisce che un solo elemento a cui è condizionata la diffusione delle specie e delle faune. Ma vi sono altre cause le quali, prescindendo dall'orografia, possono restringere o allargare i limiti di ciascuna specie o di

ciascuna fauna. Accennavamo principalmente il sistema delle correnti marine dipendente anch'esso dall'orografia, ma capace di influire per sè sulla distribuzione delle specie, allargandone o restringendone assai la diffusione. Fu osservato, p. es., da d'Orbigny, che la fauna littorale tropicale dell'Atlantico guadagna 700 miglia a sud più della fauna tropicale del Pacifico. Chi appena conosce elementarmente il sistema attuale delle correnti marine, ne vede tosto il perchè. Una corrente calda, partendo dall'equatore, si volge a mezzodì, radendo le coste dell'America meridionale fin oltre il 45° di latitudine sud. È naturale, che gli animali che abitano le torride coste dell'America verso l'Atlantico, possono spingersi verso sud, guadagnando le latitudini temperate, ove la corrente marina mantiene il caldo dei tropici. Sui lidi opposti, che guardano il Pacifico, si verifica precisamente il contrario. Una corrente fredda scorre dalle regioni antartiche, radendo le coste americane fino all'altezza dell'equatore. La fauna fredda e la temperata potranno certamente guadagnar terreno verso più calde regioni, ma a scapito della fauna tropicale, la quale si vede ricacciata e stretta all'equatore.

231. I soli esempî citati bastano a mostrarci, come lo studio delle reliquie fossili degli animali stazionarî ci possa condurre a conoscere il sistema delle correnti marine nelle diverse epoche del globo. Ognun vede come siamo sulla traccia di scoprire le mille accidentalità dei mari non solo, ma anche delle terre, almeno fino a un certo punto, perchè, non solo l'orografia, ma le condizioni fisiche dei mari sono legate all'orografia e alle condizioni fisiche delle terre.

232. Ma le reliquie fossili degli animali stazionarî furono da noi fin qui valutate nel senso che la loro distribuzione corrisponda a quella che gli animali avevano viventi. Una volta morti quegli animali, non potranno le loro reliquie venir spostate e disperse, in modo che sia scomposto affatto quell'ordito, cancellato quel disegno, sul quale avremmo, vorrei dire, ricalcata la carta topografica e fisica del globo nelle sue diverse epoche?

233. Degli *animali spostati dall'azione del mare* non può certo ripetersi quanto fu detto degli animali conservati al loro posto. Le conchiglie non presenteranno che una posizione di puro equilibrio meccanico in luogo della stazione normale: invece di essere distribuite per gruppi o famiglie, le spoglie organiche saranno associate alla ventura: occuperanno non tanto un deposito corrispondente alle loro abitudini, quanto un deposito che accenna all'azione meccanica del mare. L'azione meccanica può essere più o meno violenta, per cui saranno più o meno turbate le condizioni fisiologiche. Le valve delle conchiglie verranno dispajate, le conchiglie stesse rotolate, rose, sminuzzate. Le ghiaie, le sabbie, le stesse

fanghiglie marine, risultano spesso in gran parte di un tritumo di conchiglie. Enormi ammassi di conchiglie vengono ammucchiati al modo stesso con cui si formano i montoni e i banchi di sabbia. Supponete, p. es., un vasto lido fangoso, ricco di conchiglie. Se vi sovviene della meccanica che presiede alla distribuzione dei sedimenti, secondo il peso e il volume dei materiali che li compongono, intenderete come nel supposto caso si formerebbero letti e montoni e lidi di sole conchiglie, quali si incontrano sovente sui littorali. La confusione e la ricchezza gareggiano del pari in quei depositi: altro però è ricchezza di fauna, altro moltitudine di fossili. Siccome certi lidi non sono abitati che da una o da poche specie, che vi si propagano prodigiosamente, così banchi di conchiglie si ponno formare per azione meccanica, senza che si noti una marcata varietà di specie. Certi lidi invece sono già per sè stessi segnalati dalla varietà delle specie che vi abitano, o là soltanto, per la consociazione delle leggi fisiologiche e delle forze meccaniche, la varietà riesce pari alla copia. Distinti per copia e varietà debbono essere, p. es., gli ammassi formati sui banchi di corallo, già da noi conosciuti come abitazione prediletta di una infinita varietà di conchiglie, di echini, di crostacei. Ritengo esser questa la causa per cui sì ricchi sono i calcari subapennini di San Colombano e i calcari infraliasici dell'Azzarola.

234. Le forze meccaniche, piuttosto che la distribuzione, sembrano adunque dover produrre il disordine. Ma ove fossero bene studiate nei loro effetti, darebbero argomento di belle applicazioni. Accennerò come esempio di regolare distribuzione, per azione meccanica, il fatto della accumulazione delle valve destre da una parte e delle sinistre dall'altra, per azione dell'onde, osservata da Gresly. Due corpi, sollecitati dallo stesso sistema di forza, ma di forma diversa, devono muoversi in diversa direzione. Questo assioma apparirà evidente a chi pensi, che un corpo deve moversi secondo la risultante delle diverse forze che lo spingono o lo trattengono. Essendo identico il sistema delle potenze, e diverso, per la diversità della forma, il sistema delle resistenze, la risultante sarà diversa. In tali rapporti si trovano appunto fra loro le due valve di una conchiglia, abbandonate sul fondo del mare, e spinte dall'onda verso il lido. Siccome le parti omologhe sono opposte nelle due valve, come si vede nella figura 12, la risultante dovrà spingerle in senso opposto l'una dall'altra.

Fig. 12. Spostamento delle valve di una conchiglia.

235. Supponiamo che le due valve di una bivalva riposino sul fondo

del mare, come mostra la figura 12, cioè siano poste a giacere ambedue colla concavità verso l' alto, e gli assi maggiori rispettivamente paralleli, in guisa che i due uncini si tocchino. La prima volta che siano sollecitate dall'onda che lo spinge verso il lido, nel senso indicato dalla *freccia*, le due valve si separeranno; la valva destra facendo un giro sopra sè stessa, e portandosi verso la destra; la valva sinistra portandosi allo stesso modo verso la sinistra. Ogni volta che le due valve si presenteranno all'onda in questo senso, faranno un passo l' una a destra l'altra a sinistra: finiranno pertanto a raggiungere il lido l'una in un punto a destra, l' altra in un punto a sinistra. Invece di una conchiglia, supponiamone mille della stessa forma, e vedremo come verso un punto del lido andranno ad accumularsi tutte le valve destre, e verso un altro punto tutte le valve sinistre.

236. Come ognun vede, qui non si tratta che di dimostrare in massima come due corpi, di diversa forma, sollecitati da forze uguali, devono seguire diverse direzioni, e come pertanto le reliquie organiche, spostate dall'azione delle onde, si troveranno a giacere negli strati in condizioni tali, che rispondano alla diversa forma. Quanto al caso pratico, che noi abbiamo messo innanzi a modo d'ipotesi, fu veramente studiato da Gresly [1], il quale osservando le conchiglie sparse sulla Plage d' Agde (spiaggia nelle vicinanze di Cette), fu colpito nel trovarvi quasi soltanto delle valve destre, tanto che su cento destre a mala pena si sarebbe contata una sinistra. Lo studio degli accidenti anche minimi, che presentano i fossili, spostati dall'azione delle onde, potrà per avventura condurci alla scoperta di preziose specialità, risguardanti le condizioni del lido, la direzione dei venti dominanti, ecc.

237. Non dobbiamo credere però, che l' azione meccanica, per quanto violenta o prolungata, possa annullare il sistema di distribuzione, regolato dalle leggi fisiologiche, al quale domandiamo le maggiori rivelazioni del passato. O l'azione meccanica è debole e di breve durata, e le reliquie organiche non potranno essere spinte molto in là dal punto ove le leggi fisiologiche le condussero a giacere: o l' azione meccanica è violenta o diuturna, e le reliquie organiche saranno distrutte. Le conchiglie, gli echinodermi, i crostacei potranno, da una certa profondità, venir sbattuti sul lido: potranno formarsi degli accumulamenti di specie aventi diversi costumi. Ma tutto questo avverrà entro limiti molto ristretti, e non si potrà mai dubitare, che gli animali stazionari, le cui reliquie sono sparse sopra un lido, non siano nati o non abbiano vissuto lungo quel lido; che

[1] *Album von Combe-Varin.* Zurich, 1861, pag. 227.

i fossili, sepolti in uno strato, non siano stati gli abitatori di quel fondo marino, cui lo strato rappresenta. In fine le conclusioni che noi possiamo derivare dagli animali fissi, o punto spostati dall'azione dell'onda, potranno ancora, in genere, derivarsi dallo studio delle reliquie organiche di animali stazionari, che accusano uno spostamento.

238. Gli animali *viaggiatori* o *pelagici* vanno considerati sotto un punto di vista speciale. I pesci, i cetacei, i cefalopodi, liberi padroni degli abissi oceanici, non sono legati al lido che li vide nascere, nè le loro spoglie saranno quindi raccolte dallo strato che involse le ossa dei loro antenati. Ci può egli essere una legge che presieda alla distribuzione dei fossili appartenenti ad animali viaggiatori? A prima vista nessuna. Si potrà dunque da questi fossili dedurre alcun che, circa le condizioni degli antichi mari? Nulla a prima giunta. Pare in fatti a prima vista, che gli animali viaggiatori non debbano trovare alcun confine alla diffusione della loro specie. Liberi di portarsi da lido a lido, da mare a mare, liberi di abitare i vasti oceani, come gli angusti canali, i bassi fondi come gli abissi non scandagliati, colpiti da morte fortuitamente in uno o altro luogo, semineranno indifferentemente delle loro spoglie tutti, senza distinzione, i fondi marini.

239. Ma non è così. Per quanto siano potenti i mezzi di locomozione di una specie, per quanto un animale sembri fatto per signoreggiare i mari a sua voglia, mille incagli possono opporsi a questa libertà, che è tutta apparente. Gli animali viaggiatori non si troveranno certo, come gli stazionari, angustiati dalla orografia sottomarina; ma non saranno per ciò meno insofferenti di un clima che non si confà alla loro organizzazione, bisognosi di un alimento, che può trovarsi in un luogo o non trovarsi in un altro, necessitati a scegliere una plaga propizia all'incubazione delle uova o all'allevamento della giovane prole. Noi troviamo in fine come le faune accantonate siano composte, non soltanto di animali fissi o stazionari, ma anche di animali viaggiatori, i quali, se godono di più larga sfera di azione, non sono meno chiusi da una cerchia infrangibile, stretta o ribadita dalle necessità della vita. Quindi ogni mare ha i suoi pesci, i suoi cetacei, i suoi cefalopodi, come ha i suoi polipi e le sue conchiglie.

240. Una prima legge, che presiede alla distribuzione, e determina l'accantonamento degli animali viaggiatori, è quella della temperatura. Un animale non può vivere a lungo in un ambiente, ove si verifichi un difetto o un eccesso di temperatura, in difformità colle leggi della sua organizzazione. Fissi o liberi, stazionari o viaggiatori, gli animali saranno sempre distribuiti in torridi, temperati e freddi. Un filo d'acqua fredda può opporsi alla diffusione di una specie torrida, precisamente come le si oppor-

rebbe una muraglia. Le zone isotermiche sono anche per gli animali viaggiatori zone d' accantonamento per le diverse specie. Non potrà quindi, p. es., una specie, bisognosa di un clima temperato, passare dal nord al sud-atlantico; non potrà qnindi nemmeno recarsi a godere di quelle parti dell'Oceano Indiano o del Pacifico, che pur lo offrirebbero le migliori condizioni di vita. Le correnti marine, calde o fredde, che si intrecciano, riducendo i mari quasi in vasti labirinti, segnano le vie cui devono percorrere le specie viaggiatrici, e da cui non possono deviare, pena la morte, ed ergono dello barriere insormontabili come i continenti.

241. È un fatto sul quale Maury ha molto opportunamente chiamato l' attenzione degli scienziati. Egli traccia una carta, ove sono indicati i limiti dei principali cetacei, i quali possono indicarsi certamente come i più avventurosi viaggiatori, come i sovrani degli abissi incommensurabili. La balena franca, che vuolsi abbia la sua culla sotto gli artici ghiacci, è libera di avanzarsi verso l' equatore. Eppure non vi sarà caso che la si trovi (salvo forse qualche eccezione) al di qua dol 29° di latitudine nord, a cui non pare che attinga se non in quei lnoghi, dove le correnti frodde le allungano la via, col mantenerle una temperatura confacente alla sua organizzazione.

Il capodoglio, ossia la balena della zona torrida, è in pieno possesso dei mari equatoriali. Stando alla carta di Maury, il capodoglio può superare i capi più avanzati verso sud, approfittando certo delle annali oscillazioni delle correnti calde. È quindi libero di percorrere i tre grandi oceani, e può considerarsi como la specie più cosmopolita. Io duro veramente fatica a credere che il capodoglio goda di una libertà così eccezionale. Lo studio di questi mostruosi cetacei ha rivelato specie diverse, e i zoologi non sono punto d'accordo nè sui caratteri delle diverse specie, nè sulla doterminazione delle loro abitudini, nè sul loro abitato. È molto probabile che ai diversi oceani appartengano specie diverse. Ammesso però anche, nel senso di Maury, che un' identica specie di capodoglio possa faro il giro del mondo, e far pompa di sua mole nei tre grandi oceani; anche a questa specie privilegiata non è concessa una libertà sconfinata. Essa non può oltrepassare i limiti di una zona, la quale non si allarga da nord a sud che da circa 20 a 100 gradi, e deve anch' essa alle correnti marine se può così allargare il circolo delle sue peregrinazioni.

242. Noi possiamo dunque conchiudere, come anche le specie più libere siano attualmente, per qnanto entro limiti più larghi, accantonate. Tale accantonamento deve determinare e delimitare anche la distribuzione delle loro reliquie sui fondi dei mari, per cui il geologo potrà, anche dalle

reliquie di questi animali, conchiudere circa le condizioni degli antichi mari, circa la distribuzione dei mari e delle terre, insomma circa le condizioni del globo nelle diverse epoche. Mi pare anzi che tali reliquie allarghino questo che si direbbe orizzonte geologico, o che il geologo possa ottenere da esse quei vasti tratti della costituzione del globo, che invano cercherebbe agli animali fissi o stazionarî, capaci di descrivergli più che altro le specialità di ciascun lido. Giovi in proposito un cenno sulle più note migrazioni delle specie marine.

243. Le vie tenute dai pesci, che compaiono annualmente a grandi torme sulle diverse coste, sono ben note ai pescatori, che vanno pur essi ogni anno a stagione fissa a sorprenderli in cammino, e li seguono menandone strage. Sanno i pescatori che le aringhe, p. es., muovono, coll' appressarsi dell'estate, dalle profondità dell'Oceano settentrionale, e riunite in quelle masse quasi compatte, che furono dette *banchi*, si mostrano nel luglio sulle coste della Svezia, della Norvegia, della Scozia, dell' Irlanda, arrivando coll'agosto e col settembre su quelle di Germania e d'Olanda. Così i tonni escono, a stagione fissa, dalle profondità dell'Atlantico, e invadono il Mediterraneo per vie ben note ai pescatori. Il bisogno di acque basse o calde per l' incubazione delle uova e per l'allevamento della prole, è il movente principale, che richiama quei pesci dalle profondità oceaniche, e li guida, per noti sentieri, alle tepide coste. Lo stesso movente è quello, che spinge ai noti paraggi le acciughe, le sardelle, i merluzzi. Altri pesci, che vivono d' ordinario nelle acque salse, sentono il bisogno delle acque dolci nell' epoca degli amori. I fiumi di Siberia sono annualmente invasi da eserciti di salmoni, che, la più grossa femmina alla testa, rimontano le correnti con spaventevole fracasso, e a guizzi, a salti, guadagnano i freschi recessi dell' Himalaya. Allo stesso modo si affollano gli storioni alle foci dei nostri fiumi, portando dei serî guasti alle dighe, che proteggono i nostri littorali. Rimontando i nostri fiumi alpini, debbono incontrarsi colle anguille che discendono invece al mare, cui non lasceranno, se non per ritornare colla novella prole ai più alti recessi delle Alpi.

244. Questo breve cenno sulle più note migrazioni dei pesci non serve che a stabilire il principio, che anche gli animali viaggiatori non si sottraggono alle leggi dell'accantonamento, le quali prescrivono loro più larghi sì, ma non men precisi confini. La distribuzione delle loro reliquie sul fondo del mare è quindi, in genere, tutt'altra che fortuita, e potremo quindi servircene per avventura per rilevarne, come dissi, sopra più largo orizzonte, i tratti della costituzione del globo nelle diverse epoche.

245. Noi troviamo, p. es., a diversi livelli nella serie stratigrafica, degli

strati ricchi di reliquie organiche, formanti quasi un impasto indefinibile. Infatti gli animali interi vi sono quasi ignoti: difficilmente vi si trova intera qualche parte di scheletro: tutto si riduce ordinariamente a minuzzoli, a una specie di tritume organico, che ha, più che altro, l'aspetto di escremento. Il più celebre di questi strati è quello che noi troveremo al livello dell'*infralias*, ed è conosciuto sotto il nome di *bonebed* (letto a ossami). Il *bonebed* è un vero orizzonte per la geologia dell'Europa, mostrandosi quasi senza interruzione, sempre allo stesso livello stratigrafico, in Irlanda, in Inghilterra, in Germania, nelle Alpi, in Italia, ecc. Che cosa è codesto strato, tutto seminato di minuzzoli di vertebrati, tra i quali a mala pena distingui una squama intera, un dente, un ossicino, appartenenti in genere a pesci? Questo banco richiama assai bene quelle vaste aree sottomarine, che si trovano attualmente coperte di reliquie organiche, principalmente di ossa di pesci. Uno di questi moderni *bonebed* fu scandagliato per due miglia sulle coste d'Irlanda: un altro se ne trovò che continuava 20 miglia a est delle Für Öer. Io credo, che gli antichi e i moderni *bonebed* seguino appunto le vie tenute dalle specie migratrici. Quelle vie, seminate di cadaveri e di escrementi, segneranno la traccia delle migrazioni antiche o moderne, anche quando siano state, o siano per essere, deserte: quando cioè quei fondi marini siano stati, o siano per essere, sollevati all'altezza delle montagne. Studiando i costumi delle attuali specie migratrici, o confrontandole colle specie fossili, che, colla analogia delle forme, indicano analogia di costumi, arriverò forse a segnare le profondità degli antichi oceani o le elevazioni delle antiche coste.

246. Se la distribuzione delle reliquie d'animali viaggiatori è retta anch'essa da certe leggi generali, si potranno dare però degli accidenti speciali, i quali determinino agglomerazioni che si direbbero fortuite, ma che naturalmente nol sono, dipendendo sempre da una causa determinata, la quale si può rivelare nell'effetto al geologo, che la ricerca molti secoli dopo che essa causa ha cessato di agire. Si narra, p. es., che nel 1859 un gran banco di acciughe, inseguito da una truppa di delfini, venne a cercar rifugio nel golfo di Balaclava. Quel golfo fu letteralmente riempito, e, per quanto i pescatori esaurissero quanto avevano di barili e di sale, la pescagione sembrava rifluisse con foga crescente. Ciò che prima parve una benedizione, divenne in breve un flagello. Le acciughe, bloccate dai delfini in fila serrata sull'imboccatura del golfo, trovarono in breve troppo anguste l'ambiente in cui erano pigiate. In breve vennero meno le condizioni dell'esistenza: le acciughe dovettero morire. Ogni traccia di vita fu dalla putrefazione cancellata nel golfo: l'aria era ammorbata a tal punto, che la città dovette abbandonarsi. Alcuni mesi dopo l'onda buttava

sul lido masse di grassume, originato dalla decomposizione di quell'ingente accumulamento di animali. Talvolta enormi quantità di pesci furono vittime d'improvvise emanazioni gazose, che vennero a corrompere le acque in vicinanza dei vulcani in eruzione. Se vogliamo però un esempio di grandi accumulazioni di reliquie di animali viaggiatori, determinate in un dato punto da una causa permanente, ricorderò ciò che avviene attualmente al banco di Terranova.

247. L'immenso basso fondo, conosciuto sotto il nome di Banco di Terranova, non è altro, come abbiam veduto,[1] che un cumulo di detrito glaciale, lasciatovi cadere dai ghiacci galleggianti, i quali, trascinati dalla corrente superiore artica, vengono a fondersi là dove detta corrente fredda incrocia la gran corrente calda, conosciuta sotto il nome di Gulf-Stream. Abbiamo accennato del pari come Maury ci presenta quel banco quasi un vasto ossario, di qualche centinajo di migliaja di miglia quadrate, tanta è la copia degli animali che vengono a lasciarvi le ossa. Maury insiste più volte sui fenomeni eccezionali, determinati dall'incontro e dall'incrociarsi, può dirsi, di due mari, l'uno d'acqua fredda, l'altro d'acqua calda. Non soltanto l'oscillazione delle zone isotermiche, determinata in mare dalle stagioni, ma altre oscillazioni, che devono avere le ragioni più immediate nei venti, nelle tempeste, nelle variazioni atmosferiche in genere, fanno sì che, sulla stessa area, si avvicendino le acque fredde e le acque calde. Talvolta, dice Maury, la temperatura delle acque in quei paraggi variò in un sol giorno da 15° a 30° Fahrenheit (da 8°, 34' a 16,° 67 centigr.). Quella gran fascia di acqua fredda, che è come il gran magazzeno dei ghiacci che derivano da nord, della larghezza di 500 miglia, ha talvolta la forma di una grande penisola, talvolta quella di una lingua di acque fredde, che penetra fin nel cuore del caldo Gulf-Stream. Talvolta uno spazio di parecchie migliaja di miglia quadrate, coperte di acque fredde, si trova chiuso da tre lati da una massa di acqua calda. I tuoni, i lampi, i frequenti uragani, accusano i grandi squilibrî di temperatura e di elettricità che devono essere causati dal contatto, o dal rapido avvicendarsi sulle stesse aree, di due corpi d'acqua così enormi e dotati di così diversa temperatura.[2]

248. Ora si pensi quanto questo rapido avvicendarsi delle acque fredde e delle acque calde sopra aree vastissime debba influire sulla vita degli animali viaggiatori appartenenti alle due faune, la tropicale e la fredda, le quali si trovano rispettivamente limitate dalla linea di confine tra la fredda

[1] *Dinamica terrestre*, Parte prima, § 461.
[2] MAURY. *Géographie de la mer*, § 884.

o la calda corrente. Dico principalmente degli animali viaggiatori, perchè le descritte oscillazioni sono fenomeno d'alto mare piuttosto che dello costiere, della superficie piuttosto che del fondo; e la loro influenza deve perciò esercitarsi piuttosto sui liberi notatori dell'oceano che sugli animali, i quali stazionano sul fondo. Una balena, creata per le acque gelide, può d'un tratto in quei paraggi trovarsi avvolta da un mare di acqua calda: al tempo stesso una medusa, nata per le acque calde e salate del Gulf-Stream, può d'un tratto trovarsi sommorsa nel bagno freddo e salmastro della corrente polare. Ecco come quelle oscillazioni delle correnti riesciranno alla strage di un numero infinito di animali, uccisi o dai rigori del freddo o dagli eccessi del caldo, e come il Banco di Terranova diventerà, come lo definisce Maury, un vasto ossario, ove sono insieme confuse le reliquie di animali viaggiatori, nati per due climi opposti.

249. In questo caso dunque l'accumulazione delle reliquie organiche segna uno dei tratti più saglienti della geografia fisica del mare attuale, l'incontro cioè di quelle due grandi correnti, per cui di continuo le acque polari si rimutano colle acque equatoriali. Perchè non potranno allo stesso modo i fossili accumulati negli strati terrestri delinearci la geografia fisica degli antichi mari, tracciarci il corso o le oscillazioni delle antiche correnti marine?

250. Insistendo ancora sulle correnti marine, gli animali viaggiatori sono quelli che possono meglio, collo loro spoglie, descriverne il volubile intreccio. Abbiamo già veduto (§ 230) come una corrente calda possa dilatare i confini di una fauna tropicale, e viceversa restringere quelli di una fauna temperata o fredda. Dicasi lo stesso, invertendo i termini, di una corrente fredda. Gli animali viaggiatori, abbandonandosi alla corrente, le cui acque siano a loro confacenti, possono spingersi molto al di là dei confini che la natura avrebbe loro segnati. Alcuni anni sono, scrive Maury, [1] una grande quantità di *Bonites* e di *Diodon*, pesci dei tropici, [2] seguirono il Gulf-Stream, e vennero nella Manica a rendere attoniti i pescatori inglesi per la violenza colla quale perseguitavano i banchi di sardelle.

251. Il seguente fatto è pur riportato da Maury, [3] e ci presenta un caso singolare di associazione di animali, nati per climi opposti, e che per trovarsi debbono percorrere enormi distanze. Un capitano di bastimento incontrò sulle coste della Florida, precisamente nella corrente del golfo, un

---

[1] *Géographie de la mer*, § 71.

[2] I *Bonites* sono una specie di tonni tropicali: i *Diodon* sono quei pesci spinosi, armati di potenti mascelle, dotati della proprietà di gonfiarsi a guisa di palloni, inghiottendo l'aria.

[3] *Géographie de la mer*, § 73.

banco di piccole meduse.[1] Il mare ne era tutto coperto, sopra uno spazio di molto leghe. Egli faceva vela verso l'Inghilterra e dovette navigare in loro compagnia per cinque o sei giorni.[2] Due mesi più tardi il capitano, di ritorno dall' Inghilterra, ritrovò di nuovo quel banco di meduse nei paraggi delle Ebridi, e impiegò tre o quattro giorni a traversarlo. Bisogna sapere che le Ebridi sono una delle principali stazioni delle balene, di cui le meduse formano il principale nutrimento. È singolare, sclama Maury, che il golfo del Messico sia il campo ove il Gulf-Stream va a mietere la pastura, o vien dopo ad ammanirla ai cetacei, un migliajo di miglia lontano! E noi aggiungeremo, che è singolare il vedere come non solo possono trovarsi associati animali, cui le necessità della vita sembrano dover tener perpetuamente disgiunti, ma come l'esistenza degli uni possa essere condizionata all'esistenza degli altri. Per quanto riguarda poi l'argomento di cui ci occupiamo al presente, conchiuderemo: che lo studio della distribuzione degli animali nei mari attuali, e delle cause che la determinano, mediante i confronti colla distribuzione dei fossili, potrà condurci a conoscere le condizioni degli antichi mari, a ristaurare in fino gli antichi mondi.

252. Tutti i casi riportati di accumulazioni di reliquie organiche sul fondo dei mari riguardano piuttosto i littorali e i bassi fondi, che le grandi profondità oceaniche. Questo sia detto, non solo dello reliquie dogli animali fissi o stazionari, che sono anche in genere eminentemente costieri, ma anche dogli animali pelagici o viaggiatori. Lungo le coste soltanto ci si presentano in fatti quegli eserciti migranti che abbiamo descritti; e non altro che un basso fondo è il banco di Terranova. Ma non potranno aver luogo dei depositi fossiliferi nelle profondità oceaniche? Le più recenti scoperte debbono modificare assai le idee che si hanno circa lo stato delle profondità oceaniche. Si ritiene infatti generalmente che i depositi oceanici debbano distinguersi per la mancanza d'organismi. Era noto invero che a 50, a 100 e fin a 240 braccia inglesi (circa 409 m.) vivono asterie, crostacei, dentali, ecc. Ma tali profondità erano pur sempre assai mediocri in confronto degli abissi oceanici, che sembravano sicuri per sempre dallo sguardo dell' uomo.

253. Quando per la prima volta si accolse l'ardito pensiero di mettere i due mondi a portata di voce, mediante il filo telegrafico, si sentì l' im-

---

1 Le *meduse*, o *ortiche di mare*, sono animali gelatinosi, esclusivamente marini, e si trovano ordinariamente associati in gran numero.

2 Un banco di salpe (molluschi nudi, a corpo molle e diafano) attraversato dalla nave *Magenta* nel 1865, nella regione tropicale dell'Atlantico, tra le coste d'Africa e le isole del Capo-Verde, non aveva meno di 15 miglia marine di estensione, nella direzione percorsa dal bastimento (*Boll. della Soc. geog. ital.* 1870, pag. 120).

portanza di riconoscere il fondo sul quale esso filo doveva riposare. Il problema era difficile, ma pure fu sciolto. Lo scandaglio di Brooke trasse dal fondo dell'Atlantico, dalle profondità di 12 mila piedi, un fango composto interamento di foraminiferi a conchiglia calcarea o di diatomee a scheletro siliceo. Quegli animali esistevano viventi a quella profondità? Sembrava invero impossibile che la vita potesse intrattenersi in difetto di luce, e sotto una pressione equivalente a 400 atmosfere. Sombrava quindi tròppo più probabile, che quegli infusori vivessoro negli strati superficiali, e cadessero poi al fondo dopo la loro morte. Ecco formarsi così un immenso ossario di nuovo genere, che ci dava argomento a definire le profondità oceanicho come un fondo, dov'è spenta la vita, dovo non si avvera alcun movimento sensibile, ove tutto si conserva inalterato, ove si adunano tutte le spoglie dei viventi alle superfici delle grandi profondità, quando non siano per altre forze portate al lido. Se si asciugasse l'Atlantico, quale spettacolo di morte ci offrirebbe dietro la spaventosa statistica dei naufragi? Secondo i calcoli del capitano W. H. Smith sulla lista del Lloyd dal 1793 al 1829, la sola marina inglese perdette in media un vascello e mezzo al giorno, cioè circa 14000 vascelli in 26 anni. Secondo Prevost la stessa marina nel 1829, 1830 e 1831 ne perdè 1953 portanti in media 150 tonnellate. Al modo stesso potevamo pensare che giacessero sul fondo dell' oceano le spoglie dei cetacei, dei pesci, infine degli animali viaggiatori. Ma animali fissi, o stazionarî, animali viventi in genere, nessuno.

254. Ma, como dissi, le più recenti scoperte vengono a modificare profondamento queste idee proclamate da Maury, e da me pure accettate nelle mie *Note ad un corso di geologia.* Nel 1867 il professore B. Peirce, sovrintendente dell'istituto detto *Coast Survey* degli Stati Uniti, pensò di riprendere gli scandagli delle grandi profondità, sotto il Gulf-Stream, da parecchi anni interrotti. Il signor Pourtales ce ne dà un resoconto in due memorie inscrite nel *Bulletino del museo di zoologia comparata di Cambridge,*[1] a cui tennero dietro diverse memorie, destinate alla parziale descrizione dei diversi animali, raccolti dalle profondità scandagliate.

255. I primi scandagli non toccarono profondità maggiori di 90 a 270 fathoms (164^m a 494^m).[2] Vi si trovò una fauna assai ricca, talmente da potersi paragonare ad una fauna costiera. Crostacei, molluschi, briozoi, echinodermi, polipai, foraminiferi, e tutti in buon numero. Più tardi si toccarono i 350 fathoms (640^m); ma la fauna mostrossi assai impoverita,

[1] *Contributions to the fauna of the Gulf-Stream at great depts.* (Bull. of the Comp. Zool., n. 6, 7.) Cambridge, 1867-68.

[2] Nella riduzione dei fathoms, o braccia marine inglesi, in metri, si trascurano le frazioni in più o in meno. Il fathom equivale a 1^m, 829.

non riportandosene che tre specie di coralli noti, e un frammento di spugna silicea.

256. Le ricerche furono continuate nel 1868, sempre entro i domînî del Gulf-Stream, verso la Florida. Nei paraggi più vicini alle coste, fin verso la profondità di 600m, la vita è in pieno vigore. È probabile, dice il rapporto, che si prepari là sotto un gran banco di corallo, che emergerà a suo tempo a cingere la Florida di una barriera. Intanto lo scandaglio vi rivela una vasta formazione calcarea, che il geologo troverebbe ripiena di coralli, di spugne, di molluschi, di radiati, di briozoi, a cui si aggiungono, pure in abbondanza, ossami di cetacei e di pesci. Più oltre, il regno organico si strema assai sensibilmente. A 517 fathoms (945m), la massima profondità attinta, troviamo ancora dei piccoli crostacei, affini ai paguri, che si innicchiano nelle conchiglie dei dentali, e dei pteropodi, molti anellidi, diversi generi di molluschi, coralli in buon numero, e spugne. Si osserva in genere, come gli animali di quelle profondità sono piccoli in confronto delle specie affini del littorale, ma non godono perciò meno di prospera vita. Hanno occhi bellissimi, e gli effetti della luce si rivelerebbero anche nei colori, fra i quali prevalgono il bianco, l'aranciato e il verde pallido.

257. Quando la vita è possibile a novecento metri di profondità, ove così enorme è la pressione, e quasi annichilita la potenza dei raggi solari, non si vedrebbe ragione perchè la non fosse a due, a tre mila metri, insomma su tutta l'estensione dei fondi oceanici. A dimostrarlo non mancava che il fatto, ed esso non si fece punto aspettare.

258. Una grande spedizione scientifica, organizzata a spese del governo inglese nel 1869, doveva togliere ogni dubbio circa l'abitabilità dei grandi abissi oceanici. La spedizione fu condotta dai signori Carpenter, Gwyn Jeffreys e Wyville Thomson. Le brevi notizie, che seguono, sono tolte dal *Rapporto preliminare* da essi pubblicato nel 1870.[1]

259. Muniti non solo di scandagli sicuri, ma di una *draga*, capace di raccogliere, in un sol colpo, dalle maggiori profondità dell'oceano centinaja di libbre di fango, gli esploratori non ci avrebbero certamente lasciato più verun dubbio circa le vere condizioni di quegli abissi.[2]

---

[1] *Prelim.nary report of the scientific exploration of the sea deep in h. m. surveyng-vessel.* Purcupine *during the summer of* 1869 (n.º 121 Proceedings of the R. Society). London, 1870.

[2] La spedizione non era ordinata soltanto alla ricognizione del fondo e de' suoi abitatori. Il citato rapporto contiene un gran numero di importantissime nozioni sulla fisica e sulla chimica del mare, principalmente sul sistema delle correnti e delle temperature marine. Queste notizie naturalmente mi giunsero troppo tardi, perchè potessi giovarmene nel primo volume di quest'opera.

La prima serie di esplorazioni fu eseguita nell'Atlantico, ad ovest dell'Irlanda, conducendosi lo scandaglio su diverse linee da est a ovest, fino alla distanza di circa 400 a 500 chilometri dal lido.

260. Alla profondità di 808 fathoms (1478^m) la draga raccolse un fango molto somigliante a quello, che era stato primitivamente raccolto dallo scandaglio di Brooke: una specie di creta assai fina, simile, dice il rapporto, ad un caolino (*China-clay*). Ma in quel fango esistevano dei piccoli gasteropodi, fra i quali la *Lacuna tenella* con occhi cospicui, e un giovine crostaceo, il *Geryon tridens*. Quegli animali erano perfettamente vivi. A 1230 fathoms (2250^m) si trassero ancora parecchi molluschi del tipo delle *Arca*, e il *Trochus minutissimus* con occhi cospicui, un crostaceo, e foraminifere relativamente gigantesche, e polisticine silicee.

261. Più ancora meravigliosa e istruttiva è l'esplorazione che raggiunse i 1476 fathoms (2699^m). Il fondo constava di fango marnoso (*clayey mud*) fino, varicolore, con mistura costante di ghiaja, sabbia e detrito (*pebbles*).[1] Superiormente però a quel fondo melmoso e detritico esisteva uno strato di materia animale, in stato di parziale decomposizione e avente la forma di una massa flocculenta. Credono gli esploratori, che quello strato sia prodotto dalle salpe e dagli altri animali gelatinosi che, in banchi di così meravigliosa potenza, si mostrano, come vedemmo (§ 251), alla superficie dell'Atlantico. Morendo, devono mantenere, quasi direi, una nevicata sul fondo oceanico, ed è probabilmente da essi, che gli abitatori di quegli abissi attendono il nutrimento. Su quel fondo infatti si scopersero ancora dei molluschi, ed altri animali viventi, tra i quali un crostaceo, dagli occhi grandi e prominenti. Aggiungeremo uno scandaglio a 1215 fathoms (2222^m), da cui si ottenne un nuovo tipo di *Clypeaster*, e un altro a 1443 fathoms (2639^m), che diede bellissimi coralli (*Lophophelia*, *Caryophyllia*).

262. Alla serie degli scandagli eseguiti ad ovest dell'Irlanda tenne dietro un'altra serie, praticata a sud-ovest dell'isola stessa.

L'operazione più decisiva è quella che si praticò alla profondità 2435 fathoms (4453^m).

Calato dapprima lo scandaglio, il cilindro di esso ritornò riempito di melma fina, come l'ordinaria, che forma il fondo dell'Atlantico, mista,

---

[1] È strano questo trovarsi, a così enorme profondità, e a tanta distanza da terra (300 chilometri almeno) un terreno misto a detrito. La spiegazione del fatto non potrà cercarsi che in qualche cosa di molto speciale, e locale, e probabilmente in qualche avvenimento che riguarda il passato. Al presente sarebbe assurdo il pensare ad una corrente di terra o di mare, ovvero all'azione delle onde sul fondo, per dar ragione di quel detrito. Del resto il fondo è anche qui, come ovunque nelle profondità considerevoli, di fango fino. Mi sembra poi che l'esistenza dello strato mucilagginoso, al quale qui si accenna, escluda affatto l'idea di un'azione meccanica qualunque, capace di produrre un detrito.

in considerevoli proporzioni, a fresche conchiglie di *Globigerina*. Più tardi calossi la draga, che seco portavasi, al ritorno, 168 libbre di melma, quella così caratteristica dell'Atlantico, che ha l'aspetto della creta (*chalk-mud*) e contiene una quantità di materia organica amorfa, quasi un micelio, da cui si svolgono i germi dei protozoi, con e senza conchiglia.[1] Quel fango conteneva i rappresentanti di tutte le classi degli invertebrati.

263. Siccome la draga fu raccolta alle ore 8, 5 pomeridiane del 22 luglio, si dovette attendere la luce del 23, per esaminarne il contenuto. Tutti gli animali erano quindi già morti; ma la freschezza, anche delle parti più molli, era indizio evidente, che la draga li aveva raccolti ancor vivi. Diamo la nota dei più rimarchevoli.

1.° Molluschi. *Dentalium sp.*, *Pecten fenestratus*, *Dacrydium vitreum*, *Scrobicularia nitida*, *Neæra obesa*.

2.° Crostacei. *Anomyx Hölbollii*, *Ampelisca æquicornis*, *Munna sp.*

3.° Anellidi. Una o due specie indeterminate.

4.° Echinodermi. *Ophiocten Kröyeri*, *Echinocucumis typica*.

5.° Crinoidi. Una specie munita di stelo e affine al *Rhizocrinus*.

6.° Protozoi. *Globigerine*, ecc.

7.° Amorfozoi. Una o due piccole spugne.

264. Non v'ha al certo chi non senta l'immensa portata delle accennate scoperte, tanto inattese, e non veda come esse debbano dare un crollo potente alle idee più radicate circa le condizioni della animalizzazione del globo. Io ne rimasi, lo confesso, stordito; perchè non avrei mai ammessa la possibilità di un essere, appartenente a nessuno degli ordini a noi conosciuti finora, che potesse vivere e propagarsi là ove non penetra un raggio di sole, e sotto l'incubo di 400 atmosfere. Non è qui il luogo di tener dietro agli autori del *Rapporto* nelle loro speculazioni in proposito.[2] A noi basta il sancire, che non v'ha limite di profondità

---

[1] La composizione chimica di quel fango trovossi come segue (quella precisamente di un calcare marnoso):

Silice	23,34
Ossido di ferro	5,91
Allumina	5,35
Carbonato di calce	61,34
Carbonato di magnesia	4,00
Perdita	0,06
	100,00

[2] Sono note le esperienze sulla incompressibilità dei corpi gelatinosi, pari o poco dissimile da quella dei liquidi. Si rifletta d'altronde, che gli animali marini respirano l'aria non libera, ma disciolta nell'acqua. Gli animali marini, aventi le parti molli gelatinose, o semigelatinose, soggetti da ogni lato ad una pressione, che si elide, come la pressione atmosferica sul corpo degli animali subaerei, non possono rimanere nè schiacciati, nè impediti dal respira-

oceanica che valga ad escludere la vita, e non v' ha quindi deposito sottomarino che non possa essere fossilifero, per la semplice ragione delle profondità, ove venne in altri tempi formato. Lo possiamo asserire, almeno praticamente, in senso assoluto, perchè le profondità che sorpassano i 4400^m sono affatto eccezionali, e non possono quindi in nessun modo informare i corollarî generali che volessero dedursi dal fatto della abitabilità degli abissi atlantici finora scandagliati.

265. Io non credo però che si debba quind' innanzi rifiutare, come assolutamente falso criterio, questo, che l' assenza o la scarsità dei fossili indichino, in difetto di ragioni in contrario, profondità di depositi. Gli animali marini a noi noti, più o meno secondo la loro natura, contengono dei gas, sono dipinti di colori vivissimi, sentono potentemento l'influenza del giorno e della notte, hanno bisogno di acque concentrate dalla evaporazione, e cercano, non foss'altro che per la fecondazione delle loro uova, i fondi riscaldati dal raggio del sole. Il fatto stesso che gli animali fissi o stazionarî si sviluppano a mediocre profondità, che singolarmente i grandi banchi corallini, i quali possono considerarsi come immense città sottomarine, non si fissano che a profondità per nulla considerevoli, e vivono fin entro la zona di oscillazione delle maree, questi fatti ci dicono che le profondità sottomarine sono, relativamente ai littorali, quello che sono i deserti relativamente alle ubertose pianure. La nudità del deserto, a petto delle regioni fertili e popolose, non scema certamente, perchè vi si scoprono delle oasis fortunate, perdute nell'immensità delle sabbie, o perchè qualche stentato arboscello attecchisce sulle dune, o qualche animale stampa le orme fugaci sulle arene cocenti. I punti più ricchi di animali, raggiunti dallo scandaglio degli Americani e degli Inglesi, non sarebbero mai delle oasis in seno ai deserti sottomarini?[1] Quando

---

re. Non così agevolmente si può spiegare come, esclusa la luce (intendesi la solare), gli abitatori delle profondità sottomarine siano forniti di apparato visivo bene sviluppato. Sappiamo che le faune delle caverne constano di animali ciechi. Il fondo del mare, alla profondità di 1000^m a 4000^m non dove essere meno tenebroso delle più cupe caverne. Gli autori del *Rapporto* chiamano la fosforescenza marina a scacciare le tenebre di quegli abissi. Un oggetto non ha certo bisogno di essere illuminato, se è luminoso esso stesso. Ma non siamo che ai primi vagiti di questa, che direbbesi *fisica sottomarina*. Aspettiamo che cresca, e ci parli un linguaggio più chiaro.

[1] Un secondo *Rapporto*, nel n.° 125 dei *Proceedings of the R. Society*, 1870, ci offre il fatto, meritevole di molta considerazione, che nelle grandi profondità del Mediterraneo non fu possibile scoprire nessuna traccia di viventi. Le massime profondità scandagliate sono quelle di 1328 fathoms (2429^m), di contro a Cartagena, e quella di 1743 fathoms (3187^m) nel canale di Malta, ove non si raccolse altro che melma giallastra. Si legge però che il capitano Smith abbia trovato, tra Ceuta e Gibilterra, alla profondità di 950 braccie marine, il fondo coperto di ghiaja e conchiglie spezzate. Sarebbe mai da attribuirsi quel detrito all' azione della corrente mediterranea inferiore?

non fosse così, io vorrei però sempre considerare le flore e le faune delle grandi profondità sottomarine, come le flore e le faune dei deserti e delle regioni delle nevi perpetue.

Se gli animali stazionarî sono anche eminentemente costieri e quindi esclusi dalle profondità appena considerevoli, anche gli animali viaggiatori non potranno stazionarvi, nè, potendolo, avrebbero motivo di farlo.[1] Non sarà quindi che un accidente, se un animale viaggiatore, sorpreso dalla morte mentre sorvola gli abissi, vada a ritrovarne il fondo. Infine non è a torto, se già da tempo i geologi distinguono, come strati littorali (inteso l'epiteto in senso assai largo) gli strati molto fossiliferi, e come depositi d'alto mare quelli che sono scarsi o privi di fossili, fatta eccezione di quel mondo microscopico, a cui pajono quasi esclusivamente riservati gli incommensurabili abissi.

266. Gli studî sulla distribuzione degli animali attuali, presi dal punto di vista della loro applicazione alla paleontologia, sono troppo scarsi per poterli erigere a sistema. Perciò io dovetti accontentarmi di citare una serie di fatti, i quali dicono ciò che vi è da fare, e la via da tenersi per fare, piuttosto che quanto realmente si è fatto. Credo però di aver dato al lettore un'idea sufficiente del come si possano ristaurare i mondi antichi, combinando lo studio dei fossili con quello della distribuzione delle faune e delle flore attuali. Bisognerà studiare la fisiologia ne' suoi rapporti colla geografia fisica e colla dinamica terrestre, e i fossili nei loro rapporti cogli strati. Studio lungo, molteplice, che può dar da fare a molte generazioni. I geologi moderni però battono questa via: la via dei confronti tra i fossili e i viventi in tutti i loro rapporti. Frutto di tali studî, appena iniziati, è questo, che oltre all'aver potuto ordinare in serie cronologica gli strati e le formazioni rappresentanti di una serie di epoche, hanno anche potuto afferrare le specialità più caratteristiche di ciascuna epoca. Frutto di questi studî è in fine quel primo abbozzo della storia del globo e de' suoi abitatori, che io porrò sott'occhio al lettore nei seguenti capitoli, ove passo in rassegna le formazioni che successivamente si sovrapposero in seno agli antichi mari.

---

[1] Il bisogno dell'alimento e quello della prolificazione sono i principali moventi, che adunano in un luogo quelle miriadi di animali pelagici. Le profondità oceaniche non possono certo essere in condizione di soddisfare nè all'uno nè all'altro.

CAPITOLO X.

SERIE DEI TERRENI SEDIMENTARI.

267. Comincio col porre sotto gli occhi del lettore la *tavola sinottica* dei terreni, quali si presentano ordinati stratigraficamente, e qnindi cronologicamente, dopo che è riuscito ai geologi di raccogliere buona parte dei brani sparsi del gran libro della terra, di ordinare cioè i diversi strati sedimentarî secondo la data di loro formazione, di riconoscere (mediante il confronto degli strati identici o eqnivalenti, scoperti nelle diverse regioni dol globo) quali sedimenti si formarono snlla terra in nna prima epoca, quali in una seconda, o così via via, stabilendo in pari tempo quali erano le condizioni dol globo in quella prima epoca, quali nella seconda; qnali gli animali, le pianto, cho le popolavano nell'una e nell'altra. Nella tavola sinottica i terreni sono inscritti in *ordine ascendente*, cioè come si presentano, risalendo dal basso all'alto, dal primo all'ultimo che si formò. *L'ordine ascendente* è *l'ordine cronologico;* e noi lo seguiremo, come il più naturale, nella rassegna analitica dei diversi terreni [1]. Capovolgendo la *tavola*, hassi *l'ordine discendente*, cioè i terreni si presentano secondo *l'ordine topologico* o *di sovrapposizione*, quali cioè si scoprono snccessivamente, discendondo dall'alto al basso, passando dall'ultimo al primo.

268. Volendo intanto prevenire il lettoro contro i falsi concetti che possono derivare dal modo di esposizione di fatti, i qnali si succedono concatenandosi; volendo sopratntto prevenirlo contro qnelle distinzioni, più o meno recise, che rispondono meglio alle esigenze del metodo che alla realtà dei fatti e alla verità delle dottrino; ricorro ad un paragono che servirà,

[1] Nelle mie *Note ad un corso di geologia* hn seguito invece *l'ordine discendente*, che mi pareva il migliore, stante alcune ragioni là esposte (Vol. II, 433), che qui è inutile ripetere o confutare. Basti il dire, che la pratica dell'insegnamento sopratntto mi ha convinto d'aver commesso un errore di metodica. Benchè la genlogia, quando studia, rimonti necessariamente dall'effetto alla causa, quando narra non può che discendere dalla causa all'effetto. La storia segue, non rimonta, la corrente degli avvenimenti: fino il linguaggio ci si rifiuta, poichè, se io narro a ritroso del corso degli avvenimenti, mi vedrò costretto a dir *ultimo* ciò che realmente è *primo*.

meglio d'una lunga dissertazione, a dargli un giusto concetto di ciò che si intende (o si intenderà anco meglio poi) per successione di epoche, di torreni, di faune, di specie, ecc. Si consideri la geologia come la storia: si consideri la storia della terra come la storia dell'umanità. Alle tabelle geologiche diasi il valore dei quadri storici; nè più, nè meno. Ora che è invalso il costume di tutto ridurre a tabelle e quadri sinottici, è anche commune l'errore che si commette scambiando un artificio didattico colla reale distribuzione e distinzione, o logica, o cronologica, o topologica, delle cose che vi sono espresse.

269. Che altro è la storia se non lo sviluppo continuo dell'umanità attraverso ai secoli? Certi più segnalati avvenimenti, certi risalti in quello convulse oscillazioni, a cui è continuamente in balia l'umanità nel suo progressivo sviluppo, hanno reso possibili certe divisioni, certe soste... dello storico, non già della storia. Così fu distinta un'èra antica da un'èra moderna; così un evo medio da un evo moderno; una storia di un secolo da una storia contemporanea. Non cessò di botto il paganesimo, come non svilupposi di slancio il cristianesimo; nè d'un tratto all'impero si sostituirono i feudi, ai feudi i communi, ed ai communi le attuali potenze. Tali trasformazioni religiose e politiche non furono nemmeno universali. Che sappiam noi della storia dei Chinesi? Che della storia dei primitivi Americani? La distinzione delle grandi epoche in periodi è ancora meno reale, cioè assai più arbitraria, convenzionale. Con lieve cambiamento di parole potete, cogli stessi termini, esprimere quanto riguarda la cronologia del globo e dei viventi che lo abitarono. Si distinse la storia geologica in ère, rappresentate da certi gruppi di terreni, ove le faune e le flore si svilupparono sotto certe forme caratteristiche. Ogni terreno rappresenta al geologo un'età; ogni zona, ogni strato, un periodo. Ma il giro degli avvenimenti tellurici non si interruppe per questo, nè cessò quel moto vorticoso, incessante, che trascina gli individui, le specie, le famiglie, le faune, le flore, dalla vita alla morte. Nemmeno le rivoluzioni del globo ebbero luogo contemporaneamente. Ovunque, anche attualmente, tutto si cambia; ma non ogni cambiamento si verifica in tutte le parti del globo. Infine ritenete come una espressione del vero il parallelo tra la geologia e la storia, a compiere il quale non manca nemmeno il fatto, che la storia e la geologia, piuttosto che una storia della umanità e una geologia del globo, sono una storia e una geologia dei popoli e delle regioni del Mediterraneo. Solo gli studî più recenti tendono ad allargare i confini della storia del pari che della geologia.

270. Quanto alla vera apprezzazione delle epoche, in cui suol dividersi la storia geologica, potremo giungervi quando conosceremo il complesso

dei fatti. Meglio che le tabelle ci varrà allora il sapere come si successero sul globo quegli avvenimenti, che intesero a modificare continuamente il regno inorganico del pari che l'organico. Allora possederemo la geologia, cioè la storia del globo; allora cercheremo anche le ragioni dei fatti, cioè delle innumerevoli e continue rivoluzioni del globo; allora avremo la *filosofia della geologia* come abbiamo la filosofia della storia. Intanto accettate la *tavola della serie dei terreni* che io sto per sottoporvi:

1.° come una affermazione dei fatti principali, che vanno poi compresi nel loro vero significato, mediante lo studio della paleontologia stratigrafica;

2.° come un artificio didattico per guidarci nello studio di quei fatti.

271. Ci resta d'intenderci circa il significato delle parole che si adoperano nel linguaggio stratigrafico. La serie stratigrafica è ora veramente basata sulla paleontologia; dovrebbe dunque anche la nomenclatura avere l'istessa base. Dal momento che la vita sviluppossi sul globo, le vicende degli animali e delle piante segnono le vicende del globo. Ogni cambiamento nel mondo fisico ha un'influenza sul mondo organico, e si traduce in fatti apprezzabili nell'uno come nell'altro ordine. Oltre a ciò di fatto la paleontologia fu quella, che rese possibile lo stabilire una cronologia generale del globo. Ciò non ostante la nomenclatura stratigrafica è la più inomogenea del pari che la più barbara, risultando da un'accozzaglia di parole di tutti i tempi come di tutti i luoghi. Ma è la nomenclatura degli autori che dobbiamo interpretare; nè i geologi furono fino ad oggi d'accordo quanto basti per stabilire una sola nomenclatura, che traduca, come p. es. la nomenclatura chimica, i grandi principî della scienza e faciliti l'intelligenza de'suoi particolari. Prendete la serie dei nomi stratigrafici come la serie dei nomi propri che si impongono ai neonati ad arbitrio del padre. Tuttavia i nomi stratigrafici hanno ancora un valore più o meno apprezzabile.

272. Alcuni sono quasi i ruderi di sistemi caduti. Léhman divise dapprima i terreni in primarî, secondarî e terziarî. I primarî scomparvero; dei secondari non v'ha quasi più nessuno che faccia parola; rimasero i terziarî, e questa parola esprime un gruppo ben definito di terreni ammesso dalla generale convenzione. Altri nomi indicano i rapporti di successione. Così tra i primordî dell'epoca terziaria, espressi col nome di *eocene*, e la sua fine, tradotta con quello di *pliocene*, volse l'età di mezzo, ossia il *miocene*. Altri ancora indicano rapporti puramente stratigrafici. Gli strati inferiori al lias furono detti *infralias*. Molte volte i nomi di epoche e di terreni, ormai riconosciuti in tutte le regioni del globo, furono desunti da speciali località, ove quelle epoche, quei terreni, erano meglio carat-

terizzati. Così dal paese di Galles, sede degli antichi Siluri, derivossi il nome di terreno siluriano. Altre volte i nomi sono, più scientificamente, derivati dai fossili che caratterizzano un dato terreno: strati ad *Avicula contorta*, zona ad *Ammonites planorbis*. Talora valse all'uopo un semplice accidente mineralogico e quindi i nomi di *grande oolite*, di *terreno cretaceo*, di *grès variegato*, di *terreno carbonifero*. Aggiungete una folla di nomi locali, e non aventi che un valore locale, come *formazione di Saltrio*, *strati di Kössen*, ecc.: un' altra folla di nomi volgari, *macigno*, *pietra forte*, *pietra serena*, *servino*, ecc. E i nomi si vanno moltiplicando, nè si sa dove andremo a finire.

278. Alcuno se ne indispettisce. Io distinguo. O questi nomi sono inutili sinonimi, o hanno qualche significato proprio. Nel primo caso mi associo pienamente ai lagni, aborrendo dall'introduzione di nomi nuovi per indicar vecchie cose: ma se tali nomi indicano una specialità di luogo, di giacitura, di natura mineralogica, e servono a precisare, a individualizzare un dato deposito, l'abbondanza dei nomi indica progresso nella scienza. I nomi locali principalmente hanno il vantaggio di individualizzare un dato deposito, che rimarrà sempre identico a sè stesso, qualunque sia il posto che gli venga assegnato nella serie delle formazioni. Bisognerà però sempre, per quanto è possibile, stabilire ed indicare l'equivalenza di esso deposito parziale con altro, la cui posizione stratigrafica sia ben definita ed abbia nome nella serie generale dei terreni. Descriverò, p. es., la *formazione di Saltrio*, ma avrò cura di dire, che essa appartiene al *lias*. Se io mi ingannassi nello stabilire l'equivalenza della *formazione di Saltrio* col *lias*, essa formazione rimarrà pur sempre individuata dal suo nome locale.

Del resto, se l'analisi riuscisse a distinguere con altrettanti nomi quanti sono strati componenti la crosta terrestre, ne uscirebbe sicura la sintesi. L'errore sta piuttosto nel voler generalizzare senza fondamento, nel pretendere che il globo sia tutto formato come è formato un paese. Che importa a me, che Oppel e Quenstedt distinguano centinaje di zone nei terreni giuresi della Svevia, quando esse zone vi siano realmente distinte? L'errore sarebbe se io volessi distinguere le stesse zone in Italia o in Francia, dove possono verificarsi condizioni affatto diverse, dipendenti da accidenti, da rivoluzioni, totalmente locali. Cercherò invece, non potendo stabilire l'identità, di stabilire l'equivalenza, conciliando l'immensa varietà dei fatti locali colla generalità dei grandi fatti che constatano altrettante vere rivoluzioni del globo. È così che, se non trovo dappertutto una zona ad *Ammonites planorbis*, o ad *Ammonites angulatus*, trovo però dovunque un'epoca giurese, rappresentata non solo da strati fossiliferi,

ma, se fa bisogno, da una massa vulcanica, od anche da una lacuna, nella serie stratigrafica. — Vediamo ora il senso di alcuni predicati, con cui nel linguaggio stratigrafico distinguonsi talora i terreni, i fossili, ecc.

274. *Orizzonte*. — Quando una formazione, uno strato, od anche qualche parziale accidente della formazione e dello strato, caratterizzano costantemente un paese di qualunque estensione, diremo di aver trovato un orizzonte *geologico*. Quella formazione, quello strato, servono difatti ad orientarci, anche là dove ci trovassimo nuovi. Il calcare rosso ammonitico, p. es., si dice un ottimo *orizzonte* per la Lombardia. L'indole sua mineralogica, il suo rosso colore, che spicca anche da lontano fra la bianca majolica e i calcari affumicati del lias, gli ammoniti di cui è abbondantemente provvisto, ne tradiscono assai facilmente la presenza in quella valle qualunque, ove per avventura mi trovassi la prima volta. Scoperto il calcare rosso ammonitico, so che superiormente ho la creta, i terreni terziari, ecc., o inferiormente il lias, il trias, ecc. Mi sono dunque perfettamente orizzontato. Dirò anche che gli strati ad *Avicula contorta* sono un perfetto orizzonte per l'Europa; perchè quella piccola conchiglia trovasi, quasi costantemente, entro certi strati che mi conducono, quasi senza interruzione, dall'Irlanda al Mar Nero, attraverso tutta l'Europa. Così potrò dire che il calcare nummulitico è un grande orizzonte per la geologia universale; perchè esso calcare, quasi cogli identici caratteri, si trova sviluppatissimo nell'Europa, nell'Asia, nell'Africa. Ho detto che può servire d'orizzonte anche un semplice accidente mineralogico. Il gesso nelle Alpi è un buon orizzonte, come quello che segna approssimativamente le basi del trias; così, pur nelle Alpi, si ritiene come buon orizzonte del permiano il cinabro.

275. *Terreno identico* e *terreno equivalente*. — Si applicano i due epiteti di *identico* o di *equivalente* ad una formazione, ad uno strato di data regione, che si trovi posto allo stesso livello stratigrafico di un altro, conosciuto in altra regione. Identico si dirà tuttavia soltanto quando tutti i caratteri, anche i mineralogici, si corrispondono talmente nelle due regioni, che le due formazioni debbano ritenersi una sola, fortuitamente divisa in più parti. Se i caratteri invece diversificano in guisa, che la corrispondenza tra le due formazioni deva basarsi sopra i soli dati paleontologici, useremo l'epiteto di equivalente. La creta bianca francese è identica alla creta bianca d'Inghilterra, ma è equivalente alla calcarea-arenacea d'Italia. Le sabbie gialle del Piacentino, che contengono l'*Elephas meridionalis* o il *Rhinoceros leptorhinus*, sono identiche alle così dette sabbie gialle subapennine dei colli di Roma o di tutto l'Appennino; ma sono equivalenti del terreno glaciale delle regioni subalpine.

276. *Fossili caratteristici.* — Negli strati, per quanto ricchi di fossili, si distinguono facilmente una o più specie, le quali, per dir così, danno l'impronta alla formazione. Esse specie godono di una tale prerogativa, o perchè presentano un tipo marcato, che non le lascia confondere con nessun'altra, o perchè vi sono sparse abbondantemente, o perchè si distendono sopra un più vasto orizzonte. Vi saranno pertanto specie più o meno caratteristiche. Lo sono, p. es., in grado eminente, la già citata ***Avicula contorta***, caratteristica dell'infralias, e l'*Ostrea arcuata*, caratteristica del lias inferiore, ecc. Anche un *genere*, una *famiglia*, un *ordine*, una *fauna*, una *flora*, saranno *caratteristiche* come le specie, benchè in senso più lato. Il genere *Belemnites* è caratteristico dei terreni giuresi e cretacei; l'ordine dei pachidermi caratterizza i terreni posterziari: infine ogni epoca, ogni terreno, vantano ciascuno una fauna od una flora, la cui fisionomia diviene caratteristica al punto, che non fa bisogno nemmeno di identiche specie per stabilire, con molta probabilità, l'equivalenza dei terreni nelle diverse parti del globo. Ce ne persuaderanno gli studî che stiamo per intraprendere sulla cronologia stratigrafica.

277. Ecco finalmente la tavola dei terreni, che, dietro le premesse, sarà, spero, equamente interpretata. Essa, come segna al lettore il cammino da percorrersi, così gli servirà di bussola durante lo stesso cammino, e di richiamo quando sia giunto alla meta.

Tavola sinottica dei terreni

IN ORDINE CRONOLOGICO OD ASCENDENTE.

ERA AZOICA.

TERRENI AZOICI INDETERMINATI.

ERA PROTOZOICA.

LAURENZIANO.

HURONIANO. (Strati ad *Eozoon canadense*).

ERA PALEOZOICA.

CAMBRIANO od EPOCA CAMBRIANA.

SILURIANO od EPOCA SILURIANA.

Siluriano inferiore o formazione del Llandeilo.

Siluriano medio o formazione di Caradoc.

Siluriano superiore.

Schisti di Wenlock.

Calcare di Wenlock.

Ludlow inferiore.

Calcare d'Aymestry.

Ludlow superiore.

DEVONIANO od EPOCA DEVONIANA. (Antico grès rosso.)

Devoniano inferiore.

Devoniano medio.

Devoniano superiore.

CARBONIFERO od EPOCA CARBONIFERA.

Carbonifero inferiore, o Subcarbonifero, o Calcare di montagna.

Carbonifero medio, o Millston Grit.

Carbonifero superiore, o Strati a carbon fossile (Coal measure).

PERMIANO od EPOCA PERMIANA.

Grès inferiore variegato o Rothliegende.

Schisti marnosi, o Mergel Schiefer, o Kupfer Schiefer.

Calcare compatto o Zechstein inferiore.

Calcare fossilifero, o Dolomite, o Zechstein superiore.

Calcare brecciato, o Rauchwacke.

Calcare cristallino, concrezionare, o Stinkstein.

ERA MESOZOICA.

TRIAS od EPOCA TRIASICA. (Nuovo grès rosso superiore.)

Trias inferiore, o arenaria variegata (Grès bigarré, Buntersandstein).

Trias medio, o calcare conchigliaceo (Muschelkalk).

Trias superiere, o Keuper, o Marne iridate.

Strati di S. Cassiano (Schisti ittiolitici di Perledo e marmi di Varenna).

Strati di Hallstatt (Dolomia di S. Defendente).

Strati di Raibl (Strati di Gorno e Dossena).

Strati di Esino.

Strati a *Megalodon Gümbelii* (Hauptdolomite).

GIURA od EPOCA GIURESE.

Infralias o periodo infraliasico.

Infralias inferiore o Strati ad ***Avicula contorta.***

Infralias superiore, o Strati a *Conchodon infraliasicus* (Strati di Hettange).

Lias, o periodo liasico.

Lias inferiore o calcaro a *Gryphæa arcuata.*

Lias medio (Liasien d'Orb.).

Lias superioro (Toarcien d' Orb.).

OOLITE O PERIODO OOLITICO.

Oolite inferioro.

Oolito inferiore propriamente detta (Bajocien d'Orb.).

Grando oolite (Bathonien d'Orb.).

Oolite media.

Formaziono di Oxford (Calcaro e argille di Oxford, Callovien e Oxfordien d'Orb.).

Formazione corallina (Coral-rag, Corallien d'Orb.).

Oolite superiore.
Strati di Kimmeridge (Kimmeridgien d'Orb.).
Strati di Portland (Portlandien d'Orb.).
Strati di Purbeck.

CRETA O TERRENI CRETACEI.

Creta inferiore.
Wealdiano (Neócomien inférieur d'Orb.).
Grès verde inferiore (Neócomien supérieur e Aptien d'Orb.).
Creta media.
Gault (Albien d'Orb.).
Grès verde superiore (Cénamomien d'Orb.).
Creta superiore.
Creta bianca.
Creta bianca inferiore (Turonien d'Orb.)
Creta bianca superiore (Senonien d'Orb.).
Strati di Maëstricht (Danion d'Orb.).

ERA CENOZOICA.

TERZIARIO od EPOCA TERZIARIA.

Eocene o Nummulitico.
Eocene inferiore.
Eocene medio.
Eocene superiore.
Mioceno (Falunien d'Orb.).
Pliocene o Subapennino.

ERA NEOZOICA.

POSTERZIARIO O QUATERNARIO.

Periodo glaciale o del terreno erratico.
Periodo dei terrazzi.

ERA ANTROPOZOICA.

EPOCA PREISTORICA.

1.ª Età della pietra, o periodo della pietra scheggiata (Epoca del Renna in Europa).
2.ª Età della pietra, o periodo della pietra levigata (Epoca degli animali domestici in Europa).
Età del bronzo.

EPOCA STORICA.

Età del ferro.

CAPITOLO XI.

ÊRA AZOICA ED ÊRA PROTOZOICA.

278. La pila degli strati, ricomposta dal geologo secondo l'ordine cronologico, è come una gran scala, su cui si ascende successivamente, grado per grado, per prospettare dall' alto i diversi mondi, che si succedettero o, più veramente, per vedere la terra nei diversi aspetti ch' essa presentò successivamente « dal dì che la sapienza di Dio, giubilante di tanto meraviglie, che uscivano mano mano dalla destra del Creatore, sospendeva l'aere, a cui affidava la perennità dello sorgenti, e cingeva il mare de' suoi confini, o vi gettava le fondamenta della terra »[1].

L' impresa è grave..... diremo scoraggiante; tanto è enorme l' altezza di quella pila, fabbricata, può dirsi, per intero dal lento lavoro delle acque, che accumulò ciottolo sopra ciottolo, granello sopra granello. Ho già detto (cap. VII), che lo spessore degli strati sedimentari è, secondo Dana, di 24000 m. circa; e trattasi di strati talvolta esilissimi, che possono contarsi a centinaja di migliaja. Io credo però che il calcolo di Dana si restringa alla serie fossilifera, conti cioè dagli strati paleozoici ai posterziarî. Se vi aggiungiamo la serie protozoica, io ritengo che gli strati sedimentari sovrapposti raggiungano un' altezza di 50 chilometri. Quale codice di mole sformata! Quanti secoli, quanti milennî vi sono, l' uno dopo l'altro, registrati!

279. Qui sento tuttavia il dovere di tosto ovviare a un falso concetto. Non vorrei si credesse, che la geologia stratigrafica possa farci assistere allo origini della terra. No. Bisogna che c' intendiamo bene su questo punto. — Di che si occupa la geologia stratigrafica? Soltanto degli strati sedimentari. Sua base principale sono i fossili, cioè le reliquie organiche, che rimasero sepolte negli strati sedimentari. Quando la geologia stratigrafica è in grado di applicare i suoi criterî (criterî stratigrafici o paleontologici) alla storia della terra, trova che questa storia è già molto avan-

[1] *Proverbî*, V, 411.

zata: ella la raggiunge in epoca relativamente recente, per guidarla fino al punto, in cui l'uomo, spettatore dei fenomeni che si vanno ora succedendo sulla terra, può sostituire l'osservazione o l'esperienza all'induzione. Se è vero, p. es., che la terra formossi pel condensamento di una nebulosa, quanti milioni di secoli può vantare la sua storia prima che la geologia stratigrafica possa dirne alcun motto? Quando la stratigrafia riesce a tendere il primo filo della sua immensa orditura, trova già la terra prossima al suo stato di normale sviluppo. Già l'immensa possa dei mari si svolgeva negli sconfinati abissi; già lo onde flagellavano ignoti continenti; già splendeva alla terra l'aurora della vita. Tutto ci conduce a credere che fin d'allora le condizioni telluriche non differissero essenzialmente dalle attuali; che il sistema della terra fosse, non già abbozzato, ma completo. L'abitazione era in pieno assetto, disposta a dare conveniente ricetto a quella serie infinita di generazioni, che dovevano succedersi fino alla comparsa di colui che vanta sulla terra diritti sovrani.

280. A ogni modo quali formazioni si presentano prime alla base della serie stratigrafica? Le primitive formazioni hanno dei caratteri molto eccezionali, tali che sfuggono all'applicazione dei criterî geologici ordinarî. Per sventura tali caratteri si mantengono assai alto nella serie stratigrafica, e obbligano il geologo a rimontare assai, prima di trovarvi un qualche cosa di ben deciso. La serie degli strati primitivi, unificati dalla communanza di certi caratteri, vanta uno spessore di 15 a 20 chilometri. Quanti milioni di anni non sono rappresentati da quella pila enorme! Eppure il geologo deve finora considerarla quasi una sola pagina basilare, quasi un sol giorno di tenebre che precedette tanti secoli di luce.

281. Osserviamo anzi tutto che gli strati primitivi mostrano ben di rado, o non mai ben decisi, quei caratteri di composizione e di struttura mineralogica, che ci servono, anche prescindendo dai fossili, a riconoscere l'origine sedimentare di quegli strati. Qui domina sopra tutto l'indole cristallina. Invece di strati d'argilla o di marne, vi troviamo dei micaschisti, del talcoschisti, degli schisti filladici; invece di calcari compatti ci si presentano dei calcari saccaroidi; invece di grès, quarziti. Aggiungi che, generalmente, le roccie di questa zona presentano quella tessitura decisamente schistosa, che costituisce un secondo carattere assai problematico. Infine questa zona primitiva consta, quasi senz'eccezione, di quelle roccie da noi già distinto litologicamente da tutte le altre, facendone una classe a parte, la classe delle roccie cristalloidi (cap. II), le quali, prescindendo dal carattere della stratificazione, non si saprebbe come si possano classificare fra le sedimentari. Aggiungi che le roccie cristalloidi si trovano, nella zona primitiva, intimamente associate alle zone cristalline, ai graniti, alle dio-

riti, ai porfidi, ai serpentini, tutt'altro che sedimentari d'origine. Le roccie cristalloidi, già problematiche per la loro natura mineralogica, lo divengono più ancora per l'assenza dei fossili. Quella zona primitiva figura come un immenso deserto; figura un'epoca di morte della durata di milioni d'anni. Se, come vedremo, il geologo può lusingarsi d'avervi scoperto le traccie della vita; è ben lungi ancora però dall'essersi impossessato di quel filo d'Arianna (la serie dei fossili), destinato a guidarlo entro i labirinti del passato. È anzi per questo che quei terreni si dissero azoici[1], e il geologo guardava quella pila immane di strati, chiudenti in seno il mistero di tanti mondi, e passava oltro.

La scienza moderna non è, per ciò che riguarda quest'epoca primitiva, gran fatto più larga di soddisfazioni al geologo. Essa tuttavia può almeno affermare, ormai con sicurezza, l'origine sedimentare di quelle formazioni. Crede di più di avervi scoperto le prime traccie della vita.

282. Che siano terreni sedimentari, è primieramente dimostrato dal fatto che quei terreni sono stratificati. Non si vedrebbe infatti per qual'altra via, fuori della sedimentare, abbiano potuto formarsi quelle pile immense di strati sovrapposti, in tutto simili a quelli, la cui origine sedimentare è così altamente proclamata dalle reliquie raccoltevi di animali marini. L'indole cristallina non è certamente l'originaria per gli strati sedimentari; ma non può darsi che si tratti di una proprietà acquisita? Quegli strati sono i più antichi; sono quelli adunque che andarono più lungo tempo soggetti agli agenti interni ed esterni, i quali dovettero certamente apportarvi delle modificazioni, ed eseguirvi una vera trasformazione.

283. L'idea del metamorfismo delle roccie, di un processo cioè che possa mutarne, più o meno profondamente, la natura o la forma, si era già presentata quasi spontaneamente ai geologi, che la accolsero e la sostennero, quasi per intuizione, prima d'aver raccolti gli argomenti per sostenerla. Ora il metamorfismo delle zone è, per la scienza, un fatto. Togliete alle zone cristalloidi quanto è puro effetto di metamorfismo, e le avrete restituite allo stato di pretti sedimenti subacquei.

284. Io potrei tosto occuparmi di tale argomento; ma il metamorfismo è un processo, che si attiva, quasi per intero, in seno al globo, e quindi at-

[1] Giova fissar bene il valore, che volsi dare all'epiteto di *azoico*. Non diremo *azoico* un terreno, unicamente *perchè privo di viventi*, cioè deserto di fossili: in questo senso sono accidentalmente azoici molti terreni recentissimi, e lo sono essenzialmente le roccie endogene di tutti i tempi. *Azoico*, nel nostro senso, sarà quel terreno, il quale è privo di fossili, perchè formato prima che la vita apparisse sulla terra. Perciò i terreni primissimi, che si riconoscessero azoici nel nostro senso, si chiamerebbero terreni *antizoici*. Tale era veramente il senso dell'epiteto aggiunto da Dana, e dai geologi in genere, ai terreni inferiori al *grès* di Potsdam, ai terreni cambriani.

tenderemo di poterne parlare con maggiore cognizione di causa, quando avrem meglio penetrato il mistero di quella vita intima che ricerca ogni fibra del pianeta, e ogni atomo trascina in un vortice di incessanti trasformazioni. Basti per intanto il sapere, come la scienza sia già in grado di spiegare in qual modo gli strati prettamente sedimentari possano divenire cristalloidi, come possano, p. es., un calcare trasformarsi in saccaroide, un grès in quarzite, uno schisto argilloso in micaschisto, in talcoschisto, ecc.

L' indole cristallina non è poi nemmeno una cosa che allontani tanto l' idea dell'origine sedimentare. Noi troviamo, p. es., nelle Alpi degli strati abbastanza recenti che appartengono al lias, talora ricchissimi di fossili, e che pure presentano la fisonomia degli schisti cristallini. All'epoca del lias già da migliaja di anni esistevano liberi mari, ove la sedimentazione doveva effettuarsi come al presente. Non c'era ragione, allora più che adesso, perchè gli strati sedimentari presentassero fin dall' origine i caratteri della cristallizzazione. Se al presente si assomigliano a quegli strati, che costituiscono le formazioni più antiche, ciò vuolsi ripetere da una trasformazione susseguente. Dunque anche la cristallizzazione dei depositi più antichi può spiegarsi come un caso di metamorfismo, come l'effetto di un sistema di forze, le quali si esercitarono sugli strati già formati.

285. Come troviamo degli strati cristalloidi nelle zone schiettamente sedimentari, così troviamo degli strati schiettamente sedimentari nelle zone cristalloidi. Anche nella zona primitiva si trovano, p. es., dei conglomerati, la cui natura accusa l'azione meccanica delle acque, cioè la sedimentazione.

286. La scoperta di reliquie organiche in seno alla zona primitiva leverebbe ogni dubbio circa l'origine sedimentare dogli strati cristalloidi. Ma se un processo metamorfico giunse a modificare così profondamente la natura primitiva degli strati, dobbiamo attenderci che anche i fossili venissero ugualmente trasformati, fino a rendersi irreconoscibili. Tuttavia alcuni indizi di vita si manifestano anche nel cuore di quella zona, che i geologi dissero azoica. Dana accenna i seguenti:

1.° L'esistenza di masse calcaree nel fitto della serie azoica, ritenuto che i calcari siano d'origine organica;

2.° L'esistenza della grafite, tanto nelle zone calcaree, quanto nelle zone d'indole cristallina;

3.° L'esistenza di vera antracite in roccie ferrifere d'America, ritenute d'epoca azoica.

287. Quanto al primo indizio richiamo il lettore al punto (cap. IV, § 53, 54), in cui abbiamo dimostrato come difficilmente possano formarsi in fondo

al mare dello masse calcaree per effetto delle sorgenti incrostanti. Caratteristica invece dei liberi mari è la formazione del calcari d'origine organica. I calcari dell'epoca detta azoica non differiscono dai calcari saccaroidi dello epoche posteriori, le quali ci mostrano, si può dire nella totalità dei casi, che la creazione doi calcari è dovuta agli organismi, principalmente ai coralli. La somma delle analogie infine ci conduce ad assegnare ai calcari primitivi la stessa origine che, con tutta certezza, si attribuisce ai calcari secondarî, a riconoscerne cioè l'origine organica. Ammesso questo, la vita non solo esisteva, ma era già in grande fervore nell'epoca che i geologi dissero azoica.

288. Se i calcari attestano l'esistenza della vita animale, l'esistenza della vegetale è attestata dalla grafite e dall'antracite. Considerando pure la esistenza di una antracite nella zona primitiva d'America come un caso eccezionale, se vuolsi come un caso dubbio, [1] resta sempre la grafite, la quale abbonda negli strati primitivi, formando degli straterelli, e come delle vernici carboniose, principalmento nei micaschisti. La grafite non sarebbo, come vedrem meglio più tardi, che l'ultimo grado di trasformazione di vegetali fossili, i quali, come da tutti è ammesso, dallo stato torboso, che è il primo grado di trasformazione, passano allo stato della lignite, poi a quello del litantrace, quindi all'antracite; o quando sono ridotti a un semplice residuo carbonioso, costituiscono la grafite. Se vi ha zona, in cui i combustibili fossili devono trovarsi a preferenza allo stato di grafite, questa dev'essere la zona primitiva.

Ecco dunque gl'indizî della vita nei terreni primitivi. Io sono profondamente convinto, che essi siano sufficienti per stabilire che in quell'epoca lontanissima il globo era già coperto di piante e popolato d'animali. Ma la cosa non potrà dirsi dimostrata finchè non si mostri in quegli strati

---

[1] So fosse certo, la questione circa l'esistensa della vita vegetale dell'epoca primitiva sarebbe sciolta; poichè a nessuno, io credo, cadde in mente di spiegare ammassi d'antracite, altrimenti che come accumulazione di vegetali trasformati. Che questi vegetali fossero terrestri, non marini, lo si può sostenere con quanto nelle scienze naturali ha di forza l'analogia. I casi studiosamente raccolti dagli autori, ed esposti nella *Dinamica terrestre* (Parte prima, cap. XI, §§ 359-363), di poderose accumulazioni di vegetali in seno alle acque, tutti riguardano piante terrestri. Nessuna accumulazione puramente marina. Anche i sargassi, in mezzo agli oceani, sono d'origine terrestre (*Ib.*, cap. IX, § 286): il sargasso propriamente detto, cioè l'alga di questo nome, e la vegetaziono marina in genere, non vi rappresentano che la parte accessoria, e non avrebbero ragione d'esistere, se non esistesse il cumulo galeggiante de' vegotali terrestri. Anche le torbe lacustri o maremmane non sono infine che formazioni terrestri, e constano in gran parte di vegetali veramente terrestri. Tanto per ciò che riguarda il mondo attuale. Quanto alle epoche geologiche è un fatto, che tutti i combustibili fossili, appena vi si possa distinguere la struttura organica, si mostrano invariabilmente formati di vegetali terrestri. Nessuno ha mai scoperto un deposito di piante marine.

qualche organismo ben conservato, un organismo classificabile, e v' ha chi pretende d'averlo scoperto.

289. I terreni supposti *azoici* nel Canadà, inferiori al grès di Potsdam, erano già divisi in due gruppi di immane potenza e fra loro discordanti. Il superiore, dal lago Huron, ove si mostra, era detto *Huroniano:* consta di schisti silicei, di quarziti, di arenarie, di conglomerati a grossissimi elementi, derivati dai gneiss e dalle sieniti, finalmente di calcari. Vuolsi che gli strati arenacei di questo primo gruppo portassero le traccie dell'azione delle onde.

Il gruppo inferiore era detto *Laurenziano*, dalla contea di San Lorenzo. Consta, per lo più, di roccie cristalline, a stratificazione più o meno evidente, a cui si associano tuttavia dei calcari granulari o saccaroidi, impigliati nel granito, o sottoposti a gneiss e a steatiti.

È in questi calcari, nel fitto dei terreni laurenziani, che trovossi l'*Eozoon canadense*, foraminifera gigantesca, che valse a scuotere sì profondamente il mondo dei geologi. Riporterò letteralmente quanto fu comunicato in proposito dal signor d'Archiac all'Accademia delle scienze di Parigi, dietro una *nota* pubblicata dal dottor Carpenter *Sull' esistenza di resti organici nelle roccie laurenziane del Canadà.*

290. « Le roccie cristalline stratificate, indicate sotto il nome di *sistema laurenziano* dai geologi del paese, sono le più basse del Nord-America. Constano di grandi masse di gneiss e di calcari alternanti, più o meno penetrate da roccie ignee, massiccie. Il loro spessore non rimane al disotto dei 10000 metri. Sono ricoperte, a stratificazione discordante, da un complesso di roccie schistose e quarzose, di conglomerati, di calcari, e di dioriti, la cui potenza si fa ascendere a 5500 metri, che fino ad oggi non hanno offerto nessuna traccia di fossili. Superiormente a quest' ultimo sistema, indicato soltanto col nome di *Huroniano*, erasi scoperto, nel *grès di Potsdam* in America, e negli *strati a Lingula*, suoi equivalenti in Europa, un complesso di corpi organici, designato da alcuni col nome di *fauna primordiale*.

» I corpi organici, segnalati da sir W. Logan e da' suoi colleghi della *Geological Survey* del Canadà sulle rive del fiume Ottawa, verso il mezzo del *sistema laurenziano*, e per conseguenza a 8 o 10000 metri al disotto del grès di Potsdam, si trovano in certi calcari cristallini, compenetrati da serpentino, da pirosseno bianco e da loganite. Essi non si poterono conoscere che sulla roccia lisciata, e per mezzo di laminette osservate al microscopio. Quei corpi hanno allora rivelato perfettamente la struttura della conchiglia dei rizopodi (foraminiferi), e particolarmente la composizione tubulare della lamina spirale delle Elicosteghe (*Nummulites, Operculina*, ecc.).

» Qnesti corpi, ai qnali Dawson applicò il nome di *Eozoon canadense*, come a quelli cho rappresentano l'*aurora del regno animale*, costituiscòno delle masse larghe, sessili, depresse o in forma di cilindri regolari, crescenti per l'addizione di strati successivi, fino ad acquistaro un diametro di $0^m,30$, od anche maggioro, e uno spessoro di $0^m,10$ a $0^m,12$. L'interno presenta delle loggie assai grandi, hasse, poco regolari, separate da pareti di vario spessoro, le quali sono alla lor volta trapassate da canali irregolari, doi quali alcuni mettono in communicazione le loggio contigue di un rango, o quelle di dne strati sovrapposti; gli altri divergono, in fascetti ramificati, entro la massa calcarea amorfa (*scheletro supplementare* o *intermediario* degli autori), che separa la parete propria di ciascuna loggia. Quest'ultima soltanto offro la struttura tubulare.

» Per effetto della completa infiltrazione del serpentino, o delle altre sostanze minerali, in tntte le cavità dell'*Eozoon* quei fossili furono modellati con una perfezione estrema. Sciogliendo tntta la parte calcarea iu un acido diluito, si ottiene perciò la rappresentazione più fedele delle parti molli dell'animale. L'esattezza della riproduzione è tale, cho i tubi dello pareti delle loggie, così naturalmente injettate, sono rappresentati da cilindri, i quali non appaiono cho sotto l'ingrandimento di 200 diametri.

» La scoperta di questi grandi *Rizopodi* polimorfi, che, per rapporto al tipo a cui appartengono, sono i più imperfetti nell'organizzazione, e che sembrano aver rappresentato in qnoi mari primitivi, per la formazione delle roccie calcaroo, nna parte analoga a quella dei coralli nei mari caldi dell'epoca presente; questa scoperta, diciamo, non è altro, senza dubbio, che nn primo passo sopra una via nuova che ci condurrà, malgrado tutto lo difficoltà dell'osservazione, alla scoperta dolle fauno, che dovettero mostrarsi tra quei primi saggi della vita o i *grès di Potsdam* o gli *strati a Lingula*, basi del sistema siluriano nel nnovo e nell'antico continonte.

» E in vero, quando si considerava lo sviluppo gradualo di tntte le formo vitali, partendo da quest'ultimo orizzonte por giungere fino a noi, dovova recar moraviglia il vedero tale svilnppo già completo al pnnto, che le quattro grandi classi di invertebrati vi fossero già rappresentate. Ma al presente si pnò a bnon dritto supporro cho, quanto si riteneva da principio, era già un periodo antico di vita, forse così lontano dal tempo dei rizopodi laurenziani, quanto la fauna detta primordialo lo è dalla natura attuale. È questo vuoto immenso, cho le future ricerche sono destinate a colmare.

» Da un altro lato la silicatizzazione, o meglio il modellamento dello

conchiglie dei rizopodi per mezzo di un silicato, è, come è noto, un fenomeno fisiologico-chimico, che si produce ancora sulle specie viventi lungo le coste degli Stati-Uniti. Non è certamente uno dei risultati meno singolari, a cui arrivarono le osservazioni precedenti, lo scoprire, all'origine delle cose sul nostro pianeta, delle azioni chimiche, le quali si esercitarono, nelle stesse regioni, sopra prodotti organici, sopra corpi di identica struttura, appartenenti anch'essi agli infimi tipi della serie geologica, esattamente come ai nostri giorni. »[1]

291. Più tardi fu annunciata la scoperta di un *Eozoon* anche nei terreni primitivi di Boemia; e, si noti bene, nelle stesse precise circostanze e condizioni come al Canadà. Anche l'*Eozoon* di Boemia sarebbe un rizopodo calcareo, polimorfo, nel serpentino, distinto dal canadese per qualche differenza di forma. La scoperta della specie boema si deve al sig. Fritsch di Praga.

292. In un viaggio eseguito nel 1867 ebbi campo d'esaminare alcuni grossi esemplari dell'*Eozoon canadense* nei diversi musei d'Europa, e di osservare molti esemplari del boemo presso il nominato signor Fritsch. Debbo confessare che ne riportai una impressione molto sfavorevole. L'aspetto di quegli *Eozoon* non differisce per nulla da quello dei serpentini calciferi, così abbondanti nei nostri Appennini, distinti col nome di *oficalce*. Il microscopio, che rivelò tante meraviglie agli scopritori dell'*Eozoon*, fu, a quanto paro, molto restio a rivelarle agli altri. Fatto sta, che in quel mio viaggio non raccolsi dagli uomini della scienza, in proposito all'*Eozoon*, altro che l'incredulità, o per lo meno il dubbio. Fino a tanto che le osservazioni del signor Dawson e del signor Fritsch non siano controllate o confermate da nuove osservazioni, siamo costretti a mettere da parte l'*Eozoon*, come se non esistesse, e della vita primitiva non ci restano che gl'indizi accennati.

Io mi credo tuttavia da essi autorizzato a cambiare l'appellativo di *azoici*, già applicato ai terreni che sottostanno agli strati paleozoici, contenenti la fauna primordiale, in quello di *protozoici*. Mantenendo la distinzione già stabilita in America, noi dividiamo i terreni protozoici in due gruppi: Laurenziano e Huroniano. I caratteri dei due gruppi sono già stabiliti nei precedenti paragrafi.

293. Che ci resta adunque per stabilire l'*azoico?*... Una volta ammesso, che i *terreni azoici* debbano dirsi unicamente quelle formazioni di origine sedimentare che prevennero la creazione degli esseri organici, il gruppo dei terreni azoici diviene, in complesso, un gruppo *indeterminato*.

[1] *Matériaux pour l'hist. posit. et philos. de l'Homme.* Vol II, pag. 31.

Non dirò *ipotetico*, perchè alla fine, prima che apparisse la vita, dovevano esistere le condizioni della vita: prima che vi fossero animali marini dovevano esistere i mari, e prima dei mari i loro fondi, ossia i loro bacini. Il fenomeno della sedimentazione doveva precedere, di poco o di molto, il fenomeno della fossilizzazione. Se vogliamo procedere più oltre, noi ci troviamo di fronte a tanti problemi, che esigono, non dirò per essere sciolti, ma anche solo per venire discussi, ben altre premesse da quelle che ci dà la *geologia stratigrafica*.

I fossili ci fanno interamente difetto: la stratificazione o si oscura, o manca totalmente: l'indole sedimentare si maschera sotto le apparenze di roccie di ben altra origine. Tutti i geologi si arrestarono finora davanti alle roccie più profonde, come davanti a una serie di cifre inestricabili, ad una pagina scritta con un alfabeto, di cui si perdette la chiave.

La natura dei graniti non solo, ma quella dei gneiss, dei micaschisti, dei talcoschisti, degli schisti amfibolici, degli schisti granitici, delle steatiti, delle serpentine, ecc., è tutt'altro che spiegabile colle leggi ordinarie della sedimentazione. Eppure sono queste ed altre consimili le roccie che si osservano alla base delle formazioni fossilifere in tutte le regioni del globo. Quelle roccie si sovrappongono, si alternano, si mutuano incessantemente sopra estensioni immense e sopra smisurate altezze verticali.

294. Un certo ordine però, se non può dirsi costante, si può ritenere almeno prevalente, secondo Dana. « Partendo dalle regioni granitiche, scrive Dana, troviamo più volte delle roccie, che si vanno facendo più imperfettamente cristalline mano mano che si passa dalle roccie granitiche alle gneissoidi, da queste alle schistose, finalmente alle roccie meno cristalline di tutte e idrate, quali sono gli schisti talcosi, gli schisti cloritici e le serpentine ».

Ammesso, almeno come prevalente, quest'ordine,[1] è sperabile che si trovino altri dati, coi quali fissare l'epoca e le origini delle antichissime formazioni, prescindendo dai fossili, dalla stratificazione e dai caratteri più communi della sedimentazione. Ma tali dati bisognerà cercarli in un altro ordine di fatti; in quell'ordine che comprende la formazione delle roccie composte, l'azione delle forze interne agenti fin dal principio del globo, la serie e le cause dei sollevamenti, il metamorfismo prodotto da-

---

[1] Io dubito invece assai, che l'ordine osservato da Dana non debba considerarsi che come una specialità del Nord-America. Nelle Alpi le roccie cristalline o cristalloidi sono assai varie, e il loro ordine di successione è quanto si può dire incerto, forse per la ragione che non fu sufficientemente studiato. Vedremo poi come il granito, in grandi masse, trovisi fin sotto l'orizzonte dei terreni paleozoici superiori, e rappresenti nientemeno che il carbonifero.

gli agenti chimici interni ed esterni, fin dal primo istante in cui sulla terra si esercitarono quelle, che noi chiamiamo forze della natura. A queste e a simili indagini sarà consacrata la *Parte terza* di quest'opera. Qui ha fine quanto riguarda l' analisi stratigrafica. Non ci resta che la sintesi.

295. Quali eran dunque le condizioni dell' èra protozoica, dalla quale cominciamo a contare, colle epoche dell' animalizzazione, le epoche del globo?

Anzi tutto io ritengo che la superficie del globo fosse già divisa in terre e in mari. Mi basta, per poterlo asserire, l'esistenza di formazioni detritiche, che rimontano a quest'epoca. Una pila di quindici chilometri d'altezza, tutta composta di strati, che erano un giorno fanghi, sabbie, ghiaie sottomarine, ci rappresenta un immenso lavoro di demolizione, ci rappresenta, vorrei dire, interi continenti, rôsi a poco a poco dall'azione meteorica, travolti brano per brano dai fiumi in mare, sbranati dal mare stesso che infuriò, pel corso di tanti secoli, contro sponde a noi ignote. Se lo spessore degli strati sedimentari dovesse darci l'altezza dei continenti demoliti durante l'epoca protozoica, dovremmo dire, che i continenti nostri avrebbero potuto essere demoliti per ben tre volte in quell' epoca. Lo spessore degli strati protozoici supera tre volte l'altezza del Monte Bianco. Supporre che tutto quell'accumulamento di detriti sia il prodotto dell' azione del mare sul proprio fondo, azione, che in via normale non può essere efficace oltre la profondità di circa 30^{m}, è supporre l' assurdo. Se poi è vero che i banchi calcarei, appartenenti all' epoca protozoica, sono l'elaborato di organismi secretori, analoghi ai coralli, avremmo un nuovo argomento per ammettere l'esistenza dei continenti in quell'epoca remotissima. Ma di ciò diremo parlando del periodo seguente (*periodo cambriano*), il quale ci offrirà ne' suoi fossili una prova sicura dell'esistenza, del vigore e dell' universalità della vita marina. Se mi si chiedesse poi dove esistessero quei primitivi continenti; risponderei: certamente non dove esistono i continenti attuali, i quali sono formati di sedimenti deposti o in quell'epoca o nelle epoche successive.

296. Mentre la superficie del globo era già divisa in terre e in mari, non può dirsi con pari certezza che quelle terre e quei mari fossero abitati. Nessuna traccia finora di animali terrestri. I letti di grafite e di antracite possono ritenersi derivati, come più tardi i letti di carbon fossile e di lignite, da accumulazioni di vegetali terrestri. Ma chi vorrebbe asserirlo, fino a tanto che non si scoprano dei vegetali riconoscibili? Quanto alla vita marina, ella ci verrebbe attestata, come dissi, dall' esistenza dei banchi calcarei.

297. Ammesse che i letti carboniosi rappresentino il regno vegetale, e i letti calcarei il regno animale in quell'epoca primissima della vita, si potrebbe domandare quale dei due regni sia apparso pel primo. Furono primi i vegetali o gli animali a popolare la terra? Ma la domanda è vuota di senso. Io non credo che faccia bisogno di aspettare il verdetto della paleontologia, per sapere se prima i vegetali o gli animali siano usciti dalla mano del Creatore. La scienza ha già sancito che le sostanze organiche sono necessarie all'intrattenimento degli animali. Questa necessità è una delle leggi sovrane dell'organizzazione, riconosciuta da tutti i fisiologi. I vegetali soltanto possono assimilarsi immediatamente le sostanze minerali, come fanno dell'idrogeno, dell'ossigeno o del carbonio, principali costitutivi dell'organismo vegetale, che le piante attingono immediatamente all'aria e all'acqua.

Gli stessi propugnatori della così detta *generazione spontanea* non riescono a produrre i loro animali che mediante le infusioni di sostanze organiche. Ammessa questa prima necessità, ne deriva una seconda, del pari imperscrittibile, che cioè la comparsa delle piante dovette precedere quella degli animali. La necessità di tale precedenza è *fisiologicamente* dimostrata. Se la paleontologia ciò nondimeno addita nel primo vivente un animale, confessa con ciò solo la propria limitazione; mentre il paleontologo, affermando il contrario di quanto gli consentono i fatti, rende omaggio a quel legame di mutua dipendenza che tutte affratella le scienze, come aventi la stessa origine e tendenti allo stesso scopo, unificate nell'umana intelligenza che parte da uno stesso vero, per giungere, seguendo diverse vie, ancora allo stesso vero che mai non si contraddice.

298. Quali erano poi finalmente le condizioni fisiche della terra nell'epoca protozoica? Quel primissimo mondo era già anch'esso foggiato sul modello del mondo presente? Si vedevano allora splendidi cieli, aria trasparente, venti destinati a distribuire la temperatura e i vapori sulla superficie del globo, pioggie fecondatrici delle aride terre, correnti marine? Esisteva insomma quel mirabile impianto, quell'accordo meraviglioso degli elementi, che nasce dal loro perpetuo antagonismo, a cui sono condizionate l'esistenza e la prosperità dei regni vegetale e animale?

299. Una volta ammessa la vita, abbiamo già necessariamente ammesse le condizioni della vita. Ciascun individuo tra quelle miriadi di milioni di rizopodi microscopici che animano attualmente le arene del mare, e vanno elevando, col cumulo delle loro spoglie invisibili, lo sconfinato letto dell'oceano, partecipa a tutte le forze telluriche; ripete la vita da quel complesso ordinato che dicesi universo; per sè solo lo esige. La luce, il calorico, l'elettrico, la circolazione dell'atmosfera e delle acque, che di

continuo rimuti l'ossigeno, l'azoto, l'idrogeno e il carbonio, essenziali elementi della animalizzazione, gli stessi continenti che ammaniscono i sali, atti alla fabbricazione delle esili conchiglie, o i fiumi che li trasportino in mare.... tutto è essenziale all'intrattenimento della vita del più microscopico foraminifero. Un solo animaletto, che si scoprisse per avventura smarrito negli oceani sconfinati dell'epoca protozoica, non poteva dispensarsi da alcuno di quei necessarî fattori dell'organismo tellurico. Il primo vivente attesta, in fine, il magistero di mirabile compensazione che lega e condiziona fra loro la terra e i suoi abitatori. Gli organismi secretori d'allora lavoravano, come più tardi i crinoidi, i coralli, tutti i testacei, a preparare la stoffa dei nuovi continenti, destinati ad emergere o a sommergersi, nella perpetua vicenda di terre e di mari, a cui è necessariamente legata l'animalizzazione del globo.

300. Confessiamo infine, che un gran buio si estende ancora su quegli antichissimi tempi. La stratigrafia si trova destituita di mezzi, perchè impedita dal far uso dei migliori che tiene a sua disposizione. Mancandole i fossili, le mancan gli occhi per vedere. Ma sortendo da questa, che direbbesi epoca mitologica, la storia della terra va, col *periodo cambriano*, rischiarandosi o, per dir così, normalmente sviluppandosi. Una fauna abbastanza ricca, una flora almeno accennata, uno spessore ragguardevole di sedimenti normali (quarziti, grès, conglomerati, calcari puri o magnesiaci), offrono alla geologia stratigrafica tutti i dati richiesti da questa scienza di induzione.

CAPITOLO XII.

CAMBRIANO O GRUPPO DI POTSDAM.
PERIODO PRIMO DELL' ÈRA PALEOZOICA.

301. Salendo oltre la serio dei *terreni protozoici*, l'orizzonte del passato comincia a rischiararsi. Alla scienza, smarrita sull' ingresso dei regni buî, splende luminosa la fiaccola della vita, che deve guidarla, per sicura traccia, attraverso i campi sconfinati del tempo che fu. Col *cambriano* ha principio la grande *èra paleozoica:* anzi v' ha chi, con Barrande, considera gli strati cambriani come il *primo piano* del terreno siluriano:[1] e a buon dritto, poichè si può dire, che nel cambriano si svolgono i primi germi di quella fauna[2] tanto caratteristica di quell' epoca lunghissima, che chiamossi *siluriana*.

Tuttavia l' importanza della *fauna primordiale*, cioè della fauna cambriana, considerata come punto di partenza delle deduzioni teoriche derivate dallo studio dei fossili, considerati nel loro ordine di successione, mi persuade a tenere distinto il periodo cambriano dal siluriano, non foss'altro che per fissare la mente del lettore su questa, che si può dire la prima epoca della vita, la quale presta, come dissi, le basi di qualunque teorica che riguardi l' apparizione, lo sviluppo, la progressione, l' estinzione dello faune.

302. Tra lo regioni finora esplorate, si direbbe che il Nord-America è quello ove furono dapprincipio meglio sistemate la sedimentazione e la vita, e dove meno esercitossi la possa irresistibile del tempo, cho tende a cancellaro le orme del passato.

Altrove alla notte protozoica succede un così debole crepuscolo, che

[1] Secondo il metodo di Alcide d'Orbigny i *terreni*, ciascuno dei quali rappresenta una certa epoca del globo, si dividono in *piani*, rappresentanti ciascuno un periodo di quell' epoca. Gli strati cambriani rappresenterebbero dunque il primo periodo dell' epoca siluriana.

[2] Tutti i fossili animali, che occorrono negli strati di una data epoca, in un dato terreno, costituiscono la *fauna* di quell'epoca, di quel terreno. Siccome poi un *terreno* si suddivide in *piani*, ciascun' *epoca* in *periodi*; così la fauna di un terreno, di un'epoca, si suddivide in altrettante faune parziali, corrispondenti ciascuna a un dato piano, a un dato periodo.

appena si oscrebbe salutarlo come l'aurora della vita. In Inghilterra, p. es., e in altre località d'Europa, si scopersero, è vero, dei fossili ben determinati fra gli strati superiori del protozoico e gli inferiori del siluriano, i cui primordî vedremo tosto segnalati da un grande spettacolo di vita. Anzi in Boemia si trovò un numero bastante di reliquie organiche, perchè si potesse attribuire al loro complesso il nome di fauna primordiale. Ma, nel presente stato della scienza, non è certo l'Europa quella che ci porga la migliore idea di questo mondo primitivo, le cui meraviglie pare si svolgessero a preferenza sul fondo di quei mari, le cui onde si innalzavano là, ove si rizzano alle stelle le nevose creste delle Ande.

303. Quando in America siamo discesi ai limiti inferiori del Siluriano, ove quasi universalmente altrove si smarriscono le traccie della vita, e i tempi si fondono in un'epoca immensa e tenebrosa, la quale, mancando, per difetto di reliquie organiche o di una serie sedimentare ben decisa, delle basi principali della cronologia geologica, sfuma indistinta verso le misteriose origini del pianeta; in America, dico, possiamo ancora contare tante miriadi di anni, quanti forse non ne conteremmo altrove sull'intera serie geologica. Io ritengo dunque perciò che la serie americana debba ritenersi come la *serie tipo* anche pei terreni inferiori al *Siluriano.* L'epoca sub-siluriana, ossia *l' epoca cambriana* è rappresentata, nel Nord-America, dal *Gruppo di Potsdam*.

304. Gruppo di Potsdam. — Questo gruppo gode di immensa estensione (Texas, Black Hills di Dakota, montagne di Roccia, San Lorenzo, Alabama, Tennessee, Boston, Nuova Finlandia, Labrador, Nuova York, bacino del Mississipi, ecc.). Si divide in due zone: nella superiore, detta *calcifero* o dell' *arenaria calcifera*, abbondano il calcare semplice, e il calcare magnesifero; l'inferiore, del *Potsdam propriamente detto,* è una formazione essenzialmente detritica. La potenza complessiva non è che di 30 a 600 piedi nella Nuova York, nell' Ovest-Canadà e nel bacino del Mississipi; ma guadagna i 2000 e fino i 7000 piedi negli Appalachian.

305. Prima di entrare nei particolari di ciascun gruppo, credo necessario premettere alcune nozioni generali, relative alla fauna primordiale conservata in seno a quegli antichissimi strati. Siccome la geologia stratigrafica si fonda sulla paleontologia, ossia sullo studio dei fossili animali e vegetali, e la paleontologia sullo studio degli organismi viventi; nè l'uno nè l'altra possono comprendersi da chi non abbia cognizioni sufficienti di zoologia e botanica. Già ho detto, che la geologia è come una sintesi generale di tutte le così dette scienze fisiche e naturali; presuppone quindi un'analisi, consistente nello studio delle scienze ora nominate.

Il lettore, però, che non si sentisse troppo forte in questi studî, non si spaventi di quella dichiarata necessità di studi preventivi alla geologia. Quando dico necessarî gli studi di tutte le scienze fisiche o naturali, non intendo che tutto debbansi conoscere nelle loro specialità analitiche: poichè, inteso in questo senso, lo studio anche di una sola di quelle scienze trova insufficiente la vita di un uomo. Nel mio senso basterà al lettore la cognizione delle leggi generali, dei principî fondamentali di ciascuna scienza; basteranno le sintesi parziali, le quali entrano come elementi della sintesi generale, a cui mira il geologo. Il numero e la portata delle cognizioni a cui alludo, non dovrebbero sovverchiare i limiti di quella che si chiama *coltura generale*. Siccome però è prudente per chi parla l'esigere il meno possibile da chi ascolta, io cercherò di fornire mano mano al lettore quelle notizie sufficienti di zoologia e di botanica, che lo pongano in grado, di comprendere non solo, ma di apprezzare i grandi fatti che si svolgeranno davanti allo sguardo, mano mano che ascenderemo la scala stratigrafica. Cominciamo ora a dare un' idea degli organismi primitivi.

306. Se l'esistenza degli organismi si volesse identificare colla loro scoperta, le piante, si possono dire ignote al mondo primitivo. Il regno vegetale non è rappresentato nel cambriano che da alcuni piccoli organismi, riferiti alle alghe, o alla famiglia delle coralline. A questo apparterrebbe, p. es., l'*Oldhamia antiqua* (fig. 13).

307. Gli animali della fauna primordiale appartengono tutti agli invertebrati. Nessuna traccia finora, non dirò di mammiferi, di uccelli, o di rettili, ma nemmeno di pesci, che solcassero quelle acque senza confine. Gli invertebrati invece, non soltanto esistevano, ma avevano dei rappresentanti di quasi tutti i numerosi gruppi che compongono la *Classe*.

Fig. 13. *Oldhamia antiqua* Forbes (Terreno cambriano)

308. Il gruppo infimo, quello degli amorfozoarî [1] cioè delle spugne è rappresentato, piuttosto dubbiamente da qualche specie, tra le quali figura l'*Archæocyatus minganensis*. L'ordine dei foraminiferi, che comprende gli organismi microscopici, provvisti di involucro testaceo dalle forme più bizzarre, i quali creano attualmente degli enormi depositi sul fondo dei

[1] La *classe degli amorfozoari* di Blainville comprende quegli organismi polimorfi, gelatinosi, sostenuti da uno scheletro corneo o testaceo, fibroso, poroso, generalmente flessibile ed elastico. Tali sono le spugne così diffuse attualmente nei mari.

nostri mari, e compongono da soli montagne e catene di montagne, pare escluso dalla prima creazione.[1] I polipi, ossia i coralli, quali communemente s'intendono, cioè quegli animali gelatinosi, fissi, che secretano uno scheletro calcareo interno od esterno, ossia un polipajo, sono assolntamente esclusi dal mondo primitivo. Il fatto è ben rimarchevole, mentre vedremo che, partendo dal cambriano, i coralli appajono tosto, si moltiplicano a dismisura, reggono in tutte le epoche, esercitandovi quel magistero mirabile di compensazione, che anche nell'epoca attuale è a loro principalmente affidato.

309. I paleontologi tuttavia riferiscono alla classe dei polipi lo strano ordine dei *graptoliti*, i quali, se svelano qualche po' di affinità con alcuni organismi viventi, riferiti dai zoologi ai polipi, non si assomigliano per nulla ai veri coralli nè per la forma, nè per la composizione, nè per le abitudini, nè per le funzioni in rapporto all'economia del globo. I graptoliti, noti soltanto allo stato fossile, e appartenenti esclusivamente ai terreni più antichi, costituiscono, tra gli stessi gruppi totalmente estranei alla natura vivente, un gruppo eccezionale, un gruppo che più d' ogni altro si ribella a chi volesse, per mezzo di affinità, legarlo alla natura attuale. Questo gruppo è veramente per la sua singolarità una personificazione del passato.

Fig. 14. Graptoliti siluriani.[2]
A. — *Diplograpsus pristis* His.
B. — *Rostrites peregrinus* Barr.
C. — *Didymograpsus Murchisonii* Beck.
D. — *Diplograpsus folium* His.

I *Graptolithus* sono caratteristici dei terreni *siluriano* e *cambriano*. Voi vedreste la superficie di certi schisti, di quelle epoche antichissime, seminate di pellicole lisce, luccicanti, di forme varie e bizzarre. Più spesso hanno l'aspetto di esili seghe,

---

[1] Il lettore è avvertito, una volta per sempre, che le nozioni che si danno circa l'assenza o la prima comparsa dei diversi tipi nelle diverse epoche, vanno ritenute, anche quando nol si dica, coll'aggiunta: *nei limiti attuali della scienza*. Come le più recenti scoperte hanno dimostrato l'esistenza di certi tipi in epoche a cui dapprima si ritenevano stranieri; così le scoperte future potrebbero arricchire la fauna primordiale di foraminiferi e di coralli, e le altre faune di altri tipi, a loro negati finora. Ci vuol molto criterio del resto per attribuire il debito valore ai dati di una scienza tanto in via di progresso, com'è la paleontologia.

[2] Le specie qui figurate appartengono agli strati siluriani del *Llandeilo flogs.*, di cui più sotto.

o diritte, o ravvolte a spira; talora di morbide piume, o di foglie seghettate. La loro natura è ancora molto problematica. L'ordine degli *Acalefi*, appartenente alla classe dei zoofiti, ma che presentano tipi assai diversi dai polipai communi, conta animaletti dendroidi, esilissimi; alcuni, come le *Campanularia*, le *Sertularia*, secretano una specie di delicatissimo corallo membranoso. I paleontologi convengono nel riconoscere nei descritti acalefi una certa affinità co' *Graptoliti*, a cui resta però sempre, tra i fossili, il pregio di caratterizzare esclusivamente i terreni più antichi, e di figurare tra i prototipi nel mondo animale.

310. Anche gli echinodermi, [1] come i polipi, si possono dire quasi assolutamente estranei al mondo primitivo. Gli *Echinidi* e gli *Asteroidi*, i quali, conosciuti volgarmente sotto il nome di *ricci* o di *stelle di mare*, formano uno dei più varî, come uno dei più communi ornamenti dei mari attuali, non apparvero che nell' epoca carbonifera i primi, e dopo l' epoca triasica i secondi. Negli strati cambriani però si rinvennero alcuni frammenti di *Cistidee*, e di *Crinoidi*, singolari organismi, che hanno quasi la forma di vaghissimi fiori calcarei ritti sul loro stelo. Ci riserbiamo tuttavia di descriverli più tardi, quando li vedremo prendere quasi il predominio di più recenti mari.

Fig. 15. *Terebratella chilensis* Brod. (Vivente.)

A. — La coochiglia vista di froute. *B.* — Interno delln piccola valva, o valva dorsale, cho mostra l' apparato brachlale o apofisialo, il quale le si appoggia. *C.* — Apparato apofisiale visto di profilo, che si stacca dalla piccola valva.

311. La classe dei molluschi, così varia, così multiforme [2] si può dire la classe cosmopolitica per eccellenza, tanto in ordine allo spazio come in ordine al tempo. Il mare fu sempre, in tutti i tempi, in tutti i luoghi, il regno delle conchiglie. Fino dall'epoca cambriana i molluschi ebbero rap-

---

[1] Nella classe degli echioodermi si comprendono quegli animali radiati, liberi o fissi, coperti di uo involucro testaceo, ossia della natura delle coochiglie. Echinodermi liberi sono i così detti *ricci di mare, stelle di mare*, ecc. Echinodermi fissi sono i *Crinoidi*, le *Cistidee*, ecc. che si trovano quasi esclusivamente allo stato fossile. Diremo più tardi qualche cosa di più speciale su questi diversi gruppi di echinodermi.

[2] La classe dei molluschi comprende gli animali a corpo molle, coperti di uno pelle flessibile, dentro la quale, o sulla quale, si forma uno scheletro testaceo, che si chiama *conchiglia*. Noi conosciamo volgormeote questi animali sotto i nomi di *lumache* o *conchiglie di terra e di mare*.

presentanti di tutti gli ordini, componenti, la classe escluso soltanto finora l'ordine dei *Pteropodi*, [1] il quale però comparve tosto nell'epoca siluriana.

312. I *Briozoi* [2] sono già rappresentati nella fauna primordiale da una *Stromatopora*, genere in cui gl'individui si uniscono a formare una specie di polipaio lamelloso, col quale incrostano gli scogli o i corpi stranieri.

313. I *Brachiopodi*, ora sì scarsi di generi e di specie, costituiscono quello che si chiamerebbe la parte più ricca della dote degli antichi mari. [3] Nella fauna primordiale essi sono già rappresentati da diversi generi, fra i quali si distingue il genere *Lingula*, [4] genere a cui la geologia ha gua-

---

[1] L'ordine dei *Pteropodi* non conta che uno scarso numero di specie fossili o viventi, di forme molto eccezionali, che si avvicinano generalmente a quella di un'esile vagina. Quest'ordine non ha finora quasi nessuna importanza in geologia.

[2] I *Briozoi* o *Briozoari* sono molluschi, i quali si riuniscono insieme colle loro piccole conchiglie, formando un tutto, o ramoso, o lamellare, o discoidale, precisamente come i polipi, coi quali furono originariamente confusi, e dai quali si distinguono per una organizzazione molto più perfetta, che li fè collocare nei molluschi.

[3] I *Brachiopodi* sono molluschi bivalvi, i quali si distinguono dagli *Acefali*, ossia dalle bivalve communi, per diversi caratteri, alcuni dei quali sono apprezzabili anche sulla conchiglia, cioè su quell'unica parte dell'animale, che si trovi allo stato fossile. I Brachiopodi, appartenenti ai generi più communi, sono, ed erano, fissi ai corpi sottomarini per un peduncolo, o fascio musculare, che esce dalla conchiglia mediante un foro praticato in una delle valve. La conchiglia dei Brachiopodi consta di due valve ineguali, una grande, e una piccola, detta anche *valva dorsale*. L'*apertura* pel passaggio del *peduncolo* è praticata nel vertice, ossia nell'*uncino* della gran valva. Nell'interno della conchiglia si osserva un curioso apparato, l'apparato *brachiale*, il quale distingue questi animali da tutti gli altri aventi conchiglia. Questo apparato consiste in una specie di ossatura, di telajo, formato di lamine testacee, ripiegate in modo di descrivere le figure più bizzarre. Questo apparato è destinato a dare appoggio alle braccia molli, che l'animale distende al di fuori della conchiglia, e costituiscono gli organi del movimento, e forse della prensione, che valsero alla classe il nome di Brachiopodi. Al lettore varrà più che altro l'ispezione della fig. 15, *b* che gli presenta ne' suoi diversi aspetti uno dei brachiopodi viventi, la *Terebratella chilensis* Brod. La fig. 15 *a* gli porge la conchiglia di fronte, sicchè vedesi la gran valva sporgere al di sopra della piccola, mostrando nell'*uncino* la rotonda *apertura*. La fig. 15 gli mostra l'interno della *piccola valva*, o *valva dorsale*. L'apparato brachiale vedesi spiccarsi da essa valva, libero nel vano della conchiglia, e in forma quasi di ansa elegante e complicatissima. Lo stesso apparato brachiale o apofisiale si mostra di profilo nella figura 15 *c*.

[4] Il genere *Lingula*, come qualche altro genere, si scosta dalla forma ordinaria dei Brachiopodi, quale l'abbiamo descritta nella nota precedente. Anzitutto la conchiglia delle lingule non è testacea, ma cornea, composta di due valve intiere, senza apertura, senza apparato brachiale. Le due valve, che hanno costantemente una forma approssimativamente esagonale, sono semplicemente justaposte, in guisa che rimangano degli spazi tra l'una e l'altra. La fig. 16 mostra la Lingula vivente come è disegnata da Davidson nella sua grande monografia dei Brachiopodi inglesi. Dallo spazio lineare, che rimane al vertice, vedesi uscire il peduncolo, per cui la conchiglia si assomiglia ai Brachiopodi ordinari. Le lingule viventi vivono infossate nella sabbia fino dei mari tropicali.

dagnato tale importanza, mostrando come sia esso l'uno dei due [1] che rimontano a quell'epoca primordiale, e, passando attraverso a tutte le epoche, in mezzo a tanto rimutarsi di mondi, ricompaiono nei nostri mari, in tutta la schiettezza delle loro forme, così rimarchevoli pei caratteri generici, così semplici e così decisi a un tempo.

Fig. 16. *Lingula anatina* Lk. (Vivente)
A. Conchiglia vista di fronte.
B. La stessa di profilo.

314. Gli *Acefali*, cioè quella classe di bivalve, che semina di spoglie gli attuali fondi del mare, e le accumula in poderosi banchi sui lidi, quella classe, alla quale appartengono le *conchiglie* propriamente dette, le *conchae marinae*, i *pettini*, le *ostriche*, sono anch'essi quasi sconosciuti alla fauna primordiale. Vi si rinvenne soltanto finora una specie di conchiglia in forma di cuore alato, cioè un *Conocardium*, genere eminentemente paleozoico, ma che differisce così poco dai *Cardium* viventi, da non volersi ammettere da taluni come genere distinto.

315. La classe dei *Gasteropodi*, quella classe così sparsa, così ricca di forme attualmente sulle terre e nei mari, che comprende le cornute *lumache*, che si arrampicano sui nostri muri e sulle nostre siepi, e le vaghissime *chiocciole*, sparse come vezzi tra le sabbie dei mari, questa classe, dico, non è rappresentata nella fauna primordiale che da poche specie, appartenenti a generi estinti, ma aventi le forme esterne delle chiocciole più communi. Una specie del cambriano superiore però fu riferita alle *Pleurotomaria*, genere tuttavia vivente.

Fig. 17.
Conocardium aliforme Sow.
(Terreno devoniano).

316. Ben maggiore importanza vantano i *Cefalopodi* [2] (parlo degli aventi

[1] L'altro è il genere *Discina*, che è però molto meno tipico. I generi *Nautilus* e *Pleurotomaria*, tuttavia viventi, rimontano anch'essi al cambriano, ma soltanto al superiore.

[2] *Cefalopodi* sono molluschi, talora nudi, talora coperti di conchiglia, o aventi una conchiglia interna, con una testa distinta, voluminosa, provvista d'occhi prominenti, d'orecchi, e di grandi braccia carnose a tentacoli, che servono come organi di locomozione e di preen-

conchiglia) i quali, come divisero coi Brachiopodi il dominio degli antichi mari, così con essi si eclissarono nella età presente, ridotti a un piccol numero di specie, credo a tre sole. [1] Ma fra questi Cefalopodi viventi troviamo un genere, il quale si accoppia alla *Lingula*, per rimontare sino alla fauna primordiale. È il genere *Nautilus*, genere superstite anch'esso alla rovina di tanti mondi, sotto le forme così schiette e splendide a un tempo del *Nautilus Pompilius*. [2]

Se, come la *Lingula*, non assistette il *Nautilus* all'aurora del cambriano, no vide però il tramonto, per risorgere con essa le mille volte nelle epoche successive, e presentarsi al meriggio dell'attuale, sempre nella sua forma così tipica.

---

sinoe. Chi ha visto i polpi e le sepie può avere un'idea sufficiente dei cefalopodi nudi, o aventi semplicemente una conchiglia, o piuttosto una parte testacea, interna. Se al polpo e alla sepia aggiungete una conchiglia a spirale, che abbia la forma esterna della conchiglia dei gasteropodi, vi sarete formata un'idea di quei cefalopodi a conchiglia concamerata, i quali, quasi ignoti nei nostri mari, ebbero già il dominio degli antichi, superando, per varietà di forme, quanto v'ha di più vario nei mari attuali, ed emulando, per robustezza di mole, i delfini e le balene.

[1] *Nautilus Pompilius*, *N. umbilicatus*, *Spirula Peronii*.

[2] La fig. 18 è destinata a dare un'idea della forma dei cefalopodi concamerati, i quali ebbero, come dissi, uno sviluppo veramente straordinario nelle epoche antiche. Oltre che il genere *Nautilus* si trova già rappresentato nella fauna primordiale, gli altri generi, numerosissimi e variissimi di tutta la grande epoca paleozoica, si possono ridurre alla forma stessa del *Nautilus*, il quale sarebbe come il tipo di una grande famiglia, la quale ebbe il dominio dei mari antichissimi. Fermandoci alla conchiglia, poichè la conchiglia soltanto ci resta degli antichi cefalopodi, quella del *Nautilus* (fig. 18 *B*) ha esternamente la forma a spirale della conchiglia dei gasteropodi. Ben altra cosa è, se ne osserviamo l'interno. La fig. 18 *A*, presenta la conchiglia del *Nautilus* segata da cima a fondo, normalmente all'asse della spirale, con che se ne rivela l'interno. Vedesi come la conchiglia è internamente divisa in un gran numero di scompartimenti, o loggie, o camere, mediante un numero corrispondente di pareti, o diaframmi, concavo-convessi. La prima loggia, molto più vasta delle altre, è la sola che si trovi in libera communicazione coll'esterno, ed è anche la sola che contenga quello che si direbbe propriamente il corpo dell'animale. Le altre camere sono chiuse e non communicano, in certo senso, nè coll'animale durante la vita, nè coll'esterno dopo la morte di esso. In fine sono camere vuote, camere aeree, le quali funzionano nei *Cefalopodi* precisamente come la vescica natatoria nei pesci. Per intendere ciò, si badi a quella specie di sporgenza tubulare che si spicca dalla convessità di ciascuna parete nella fig. 18 *A*, sulla linea mediana. Quelle sporgenze riunite descrivono una spirale, la spirale stessa della conchiglia, e sono riunite infatti, vivente l'animale, da un tubo membranoso, contrattile, elastico, che è il prolungamento del tubo testaceo in ciascuna loggia. Il tubo testaceo della prima loggia è riunito, per mezzo del tubo membranoso, al tubo testaceo della seconda loggia, e così di seguito. Ne risulta un tubo a spirale, che, partendo dalla prima loggia esterna, trafora tutte le pareti, fino alla loggia più interna, posta sull'asse della spirale. Questo tubo si chiama *sifone*, e nel sifone sta, secondo i zoologi, il magistero per cui la conchiglia concamerata funge, come dissi, l'uffizio di vescica natatoria. È facile intendere infatti come l'animale, rimanendo all'esterno, possa, per mezzo del sifone, elastico e contrattile, agire nell'interno delle camere aeree, dalle quali è escluso. Dalla anatomia dei cefalopodi concamerati, principalmente dai diversi modi di presentarsi del sifone nei fossili, risulta chiara-

317. Gli *Anellidi*, ossia i vermi, di cui brulicano le zolle de'nostri campi, come i fanghi deposti in seno alle acque; che così vari, così moltiformi, strisciano, a guisa di nastri infuocati, segnando la loro traccia su le arenarie dei mari tropicali, coi fuggevoli lampi dell'iride; gli *Anellidi*, dico, mancano anch'essi all'appello del mondo primitivo. Arrischierebbe tuttavia di errare chi sostenesse estranei i vermi alla fauna primordiale, perchè in quegli antichissimi strati non se ne rinvengono le spoglie. Si pensi che quegli animali sono per la maggior parte molli e nudi. Soltanto i così detti *anellidi tubicoli*, p. es. le *serpule*, secretando un tubo calcare di cui si rivestono, hanno con che affermare la loro esistenza negli strati terrestri. Questi soltanto si diranno estranei al mondo primitivo, ciò che dei

---

mente, che i diversi tronchi membranosi possono, sotto l'impero dell'istinto, contrarsi e rilasciarsi, stringersi o dilatarsi. Il tronco membranoso in una loggia non può dilatarsi, ossia gonfiarsi, senza che l'aeriforme, che essa loggia riempie, non rimanga compresso; come non può restringersi, senza che il fluido stesso non si dilati. Così l'animale può farsi più pesante o più leggiero, come lo può il pesce, comprimendo o dilatando la sua vescica. Nel caso dei cefalopodi però bisogna ammettere che il sifone sia in libera communicazione coll'esterno, sicchè l'animale possa inspirarvi o l'acqua o l'aria, e rendersi così realmente più leggiero o più pesante. Nei pesci, essendo il corpo molle, la compressione o la dilatazione della vescica porta una diminuzione o un accrescimento di volume nel corpo dell'animale, per cui si fa o più pesante o più leggiero, secondo il noto teorema. Ma ciò non può dirsi dei cefalopodi; poichè, sia che l'aria interna si dilati o si comprima, la conchiglia, essendo rigida, ne rimane in ogni caso inalterato il volume.

Si direbbe che la natura si fosse invaghita di questo suo leggiadrissimo portato fin dai primissimi tempi, sicchè volle, mantenendo pur sempre gli elementi del *Nautilus*, variarne le forme all'infinito, e, dirò così, derivare da quest'unico tipo una quantità di generi e specie innumerevoli, padroni delle libere acque dei mari paleozoici.

L'*Orthoceras*, genere molto caratteristico, e diffuso in copia strabocchevole negli strati paleozoici, si direbbe un *Nautilus* ridotto alla sua estrema semplicità, alla forma cioè di tubo conico, concamerato, munito di un sifone centrale. Si potrebbe anche dire che il *Nautilus* non è che un *Orthoceras* ravvolto sopra di sè stesso a spirale. La fig. 19 rappresenta l'*Orthoceras crassum* Röm. degli strati devoniani. La lettera *A* distingue un moncone della conchiglia, dove appare nettissima la concamerazione. Il sifone tubulare sporge dall'estremità. La lettera *B* mostra il convesso di una delle pareti, nel cui centro osservasi pure il sifone.

Per comprendere meglio ciò che si è detto sulla forma e sugli uffici del sifone, aggiungo la figura dell'*Actinoceras Bigsbyi* Bronn., credo appartenente al *gruppo di Trenton* (siluriano inferiore). In questa specie (fig. 20) il sifone, enormemente sviluppato, si rigonfia ogni volta che percorre una camara, e si strozza ogni volta che trapassa una parete.

Se pieghiamo l'*Orthoceras* a spira, come il *Nautilus*, ma in guisa che i giri di spira non siano tangenti, avremo il genere *Lituites*. La fig. 21 *A* rappresenta il *Lituites lituus* Hising. del siluriano inferiore. La fig. 21 *B* presenta una sezione ideale della stessa specie per mostrarne le loggie e il sifone.

Così, variando alquanto la forma della conchiglia, e i rapporti delle diverse parti, principalmente la posizione del sifone, la natura ottenne di variare all'infinito quel tipo primigenio, pur mantenendo l'integrità dei caratteri fondamentali, per cui tutti i *Nautilidi* di tutte le epoche del globo costituiscono una sola famiglia, ben delimitata e a fisonomia costante.

vermi in genere non si può nè affermare, nè negare. Tuttavia sappiamo dal Dana, che si sarebbero notate le impressioni di lunghi vermi marini sugli strati primordiali. Le arenarie del Potsdam mostrano inoltre certe cavità tubiformi, che si vorrebbero scavate da certi vermi della famiglia delle *Arenicole*. Quei tubi infatti penetrano verticalmente le sabbie del

Fig. 18. *Nautilius Pompilius* (vivente).

A. Interno della conghiglia. *B*. Esterno.

Potsdam, tenendosi riuniti per paja, precisamente come fanno ai giorni nostri gli animali della nominata famiglia. I paleontologi li han chiamati *Scolithus*.

318. Complemento e corona della fauna primordiale sono i crostacei, l'unica classe di animali articolati [1] che sia stata ammessa ai segreti del mondo primitivo. I primissimi mari non videro animale che toccasse più alto dell' infimo dei nostri granchi. Ma, cosa singolare! gli articolati, che siedono alla sommità della scala degli invertebrati, e rappresentano quindi già un gran progresso sulla via della perfezione organica, sono anche quelli i quali, rappresentati appunto dai crostacei, hanno il predominio sopra tutti gli altri animali di quell'epoca. I crostacei sono veramente le creature più elevate del mondo primitivo.

I crostacei primitivi però, prescindendo da qualche specie appartenente

[1] Gli animali articolati comprendono la classe dei crostacei (granchi, ecc.), la classe degli aracnidi (ragni, scorpioni, ecc.) e la classe degli insetti.

all'ordino dei *Fillopodi* od *Ostracoidi*, [1] sono rappresentati da un gruppo assai eccezionale, ricco di generi e di specie, ma oltremodo uniforme, delimitato, per riguardo ai caratteri fondamentali. Questo gruppo si presenta già poderoso nell'epoca primissima: si sviluppa poi tosto, fiuo al punto di disputare agli altri gruppi più sviluppati la sovranità dei mari, e nei mari stessi si spegno interamente, senz' attendere il tramonto dell'epoca paleozoica. [2] Il gruppo a cui alludiamo è quello dei *Trilobiti*, i fossili più caratteristici dell'epoca paleozoica.

Fig. 19 *Orthoceras crassum* Roem. (Terreno devoniano.)

319. I *Trilobiti* souo crostacei, ai quali nella natura vivente non si trova altro tipo di somiglianza, se non noi chilognati (*Juli*, *Glomeri*), crostacei terrestri, di forma ovale, oblunghi, composti di una serie di anelli quasi testacei, e volgarmente noti per la loro proprietà di rotolarsi in sè stessi, formando una sfera. Anche i *Trilobiti* hanno corpo ovale, più o meno allungato, formato di un numero minoro o maggiore di articoli, ossia d'anolli subtestacei, ed erano suscettivi, almeno la maggior parte, di rotolarsi a sfera. Molte specie riproducono anche, abbastanza bene, la figura dello crisalidi di farfalla. Ma coi chilognati, e tanto più colle crisalidi dei lepidopteri, non hanno altro di commune che le notate somiglianzo esterne, differendone assolutamente per la organizzazione o per le abitudini. Nei *Trilobiti* si distingue una testa, o meglio un *cefalo-torace*, formato genoralmente di un

[1] I Fillopodi od Ostracoidi sono piccolissimi crostacei, muniti di una conchigliaccia bivalva, e di braccia molli, carnose, in forma di barbule o radichelte. Spesso l'acqua dei nostri pantani brulica di questi enti quasi microscopici, attratti alla superficie dalla luce dal sole. Ebbero talora un' importanza grandissima nella formazione dei sedimenti.

[2] I Trilobiti cominciano con una specie dubbia alla bese del cambriano, cioè, secondo Salter, nelle *arenarie di Barmouth e Harleck*. Acquistano più generi a specie nel cambriano superiora (*Tremadoc e Lingula Flogs*): abbondano nel siluriano inferiora, attingendo il *maximum* nel *Llandeilo* e nel *Caradoc*. Continnano bene nel silnriano superiore

grande anello, in forma di scudo, o piuttosto di eclata, a foggia di mezzaluna, i cui corni sono rivolti all' indietro, prolungandosi talora in due appendici, che sorpassano anche d'assai l'estremità posteriore del corpo (gen. *Trinucleus*, ecc.). Nel *cefalo-torace* si distinguono la bocca e gli occhi assai grandi, talora mirabilmente conservati. Il numero degli anelli dell'addome varia da 5 a 20, secondo le specie. Le zampe fanno interamente difetto in questi fossili, per cui si ritiene fossero carnose, quali si osservano nei *Fillopodi* viventi, nè quindi venissero conservate. I *Trilobiti* presentano quanto v' ha di più uniforme e di più multiforme ad un tempo. Le moltissime specie sono distribuite in 22 generi circa, costituenti parecchie famiglie: ma ai caratteri citati, che danno a tutti molta uniformità d'aspetto, ai aggiunge quello, singolarissimo e comune a tutti, d'aver il corpo tripartito per il lungo, per effetto di due depressioni longitudinali, convergenti verso l'estremità posteriore del corpo. Dal corpo così diviso in tre lobi derivò a quelle singolari creature il nome di *Trilobiti*. Quanto alle dimensioni arriviamo, per gradazioni, dai quasi microscopici ai colossali, che eguagliano, e forse superano di mole i più grossi fra i granchi di mare.

Fig. 20 *Actinoceras Bigsbyi* Bronn. (Trenton, siluriano inferiore)

820. I *Trilobiti* vivevano in mare, e costituivano numerose società. Dobbiamo a Barrande i più preziosi particolari circa lo sviluppo di questi aborigeni della terra. Se a tutti si può applicare ciò che della *Sao hirsuta*, del *Trinucleus concentricus*, e di circa una ventina d'altre specie verificò Barrande; i *Trilobiti*, come attualmente gli insetti, e un gran numero di animali inferiori, non raggiungevano il loro stato di perfezione, che attraverso una serie di metamorfosi. Barrande verificò nella *Sao hirsuta* venti stadî di successivo perfezionamento.

821. Offro al lettore alcune figure di *Trilobiti* di epoche diverse, che gli

---

e nel devoniano. Nel *calcare di montagna*, ossia nel carbonifero inferiore non ne rimangono che tre generi. Nel carbonifero medio e superiore i Trilobiti divengono estremamente rari, e nessuna specie si alza fino al permiano (Salter, *A monograph of British Trilobites*, Palaeontogr. Soc. 1861).

daranno idea della varietà che possono presentare questi antichissimi animali, pur rimanendo entro la loro tipica uniformità. Nel *Phacops longicaudatus* (fig. 22) osserverà ben distinti il cefalo-torace dall' addome, ben decisa la ripartizione longitudinale del corpo in tre lobi allungati, e rimarcherà la bellezza dei grandi occhi faccettati e protuberanti. Lo *Staurocephalus Murchisonii*, colla sua testa, che termina in una sfera di dimensioni relativamente enormi, gli mostrerà come un tipo possa presentare le più decise singolarità che distinguono i generi o le specie, pur conservando fedelmente i tratti fondamentali che costituiscono la fisionomia di una classe. L' *Ogygia Buchii* (fig. 24) ritrae la semplicità caratteristica dei *Trilobiti* primordiali. Lo *Sphærexochus mirus* (figura 25) mostra quella abitudine di rotolarsi, riducendo il corpo alla forma d'una sfera, che distingue attualmente i *Glomeri* e i *Juli*.

Fig. 21. *Lituites lituus* Hising. (Siluriano inferiore.)

A. Conchiglia all'esterno.
B. Sezione della stessa per mostrare l'interno.

322. Presentiamo finalmente nella fig. 26 le metamorfosi di uno di questi antichi abitatori dei mari. La *Sao hirsuta* appartiene alla fauna primordiale, ed è quella specie che, raccolta in copia stragrande da Barrande, gli rese possibile di studiarla nei diversi stadî, cioè di afferrarne le metamorfosi, le quali, per analogia, si possono ritenere una proprietà caratteristica dell' intero gruppo dei *Trilobiti*. In *a* vedesi l'embrione, senza visibili segmenti. Il solo cefalo-torace è distintamente abbozzato. Ma in seguito l' addomo si spiega (*b*, *c*, *d*, *e*), e va sviluppandosi progressivamente, coll'aggiunta di nuovi segmenti, in numero sempre crescente, fino al limite fissato per ciascuna specie, distinguendosi esse principalmente pel numero degli anelli addominali.

323. I *Trilobiti*, esseri relativamente così alti, che segnerebbero, per dir così, il supremo sforzo della potenza creatrice nel mondo primitivo, non appaiono già così meschini e stenti, quasi i primi parti di una creazione forzata o, diremo colle idee di certi moderni pensatori, come il primo risultato di una serie infinita di conati, di esseri preesistenti, verso un

grado maggiore, e allora massimo, di perfezione. Pei fautori della teorica che ammette la successivâ e graduale trasformazione delle specie, come l'unica fonte di nuove specie successivamente e gradualmente più perfette, dev' essere duro problema codesto della comparsa così spettacolosa di esseri, la cui organizzazione è già tanto perfetta, e si estolle su tutta la fauna primordiale, mentre si isola affatto da tutti gli altri animali che la compongono. La fauna primordiale vanta in fatti settanta specie almeno di *Trilobiti*, riguardevoli per mole, varietà e perfezione d'organismo.

Fig. 22.
Phacops longicaudatus.
Murch. (Siluriano superiore)

Veniamo ora alle specialità del terreno cambriano in America, cioè alle suddivisioni del *Gruppo di Potsdam*, dal quale abbiamo pigliate le mosse.

324. *Potsdam propriamente detto.* — È una zona eminentemente arenacea, offrente tutte le varietà di arenarie, dalla quarzite più compatta alla sabbia incoerente, grigia bruna, rossa. Talora fa cappello alla formazione un conglomerato, dello spessore di 10 a 300 piedi.

325. Notansi anche talvolta degli intercalamenti calcarei. Benchè nè questa zona, nè la precedente, non contengano alcuna specie europea, la perfetta somiglianza della fauna in genere, e specialmente l' abbondanza delle *Lingula*, la presenza dei *Paradoxides*, genere di Trilobiti sconosciuto a tutte le formazioni superiori al *grès di Potsdam*, provano, in genere, ad esuberanza, unitamente ai dati stratigrafici, l'equivalenza di questa zona co' *Lingula-Flags* d'Inghilterra, e colle zone della *fauna primordiale* di Barrande. Ho detto in genere; perchè riesce, e riuscirà probabilmente pur sempre, difficile stabilire un parallelismo, in cui si fissi la coincidenza di una zona americana, o col *gruppo di Bangor* (*Cambriano inferiore* di Lyell) o con ciascuna delle zone di Barrande. Ripeterò sempre, che le serie sono altrettanto più tipiche, quanto più suddivise; ma, quanto

Fig. 23. *Staurocephalus, Murchisonii.* Barr. (Siluriane superiore)

maggiori sono le suddivisioni, avranno anche sempre un valore più ristrettivo e locale.

326. La fauna del Potsdam è, se vuolsi, abbastanza ricca; quanto almeno l'idea della ricchezza si concilia coll'idea di una fauna primordiale, ove ormai tutto si riduce ad alcuni rappresentanti di un piccol numero di classi d'animali inferiori. I coralli non sono ancora di questo numero: due specie di *Archeocyatus* rappresentano gli *Amorfozoari*, ossia le spugne. Di graptoliti non si cita che una specie, il *G. hallianus:* di crinoidi qualche rarissimo frammento. Quanto ai molluschi, nè un briozoario, nè un acefalo. I gasteropodi sono rappresentati dall' *Ofileta compacta,* e da qualche esemplare riferibile ai generi *Pleurotomaria*, *Capulus:* i cefalopodi lo sono da due specie di *Orthoceras:* i pteropodi dalle *Theca gregaria* e *primordialis* e dalle *Salterella rugosa* e *pulchella.* Abbondanti sono però ancora i *Brachiopodi.* Le *Lingula*

Fig. 21. *Ogygia Buchii* Brong. (Siluriano inferiore)

singolarmente (*L. prima*, *L. antiqua*, ecc.), vi sono come in lor regno, riempiendo gli strati delle loro esilissime spoglie. Aggiungi i generi *Obulus*, *Obolella*, *Discina*, *Orthisina*, *Camerella*. I trilobiti fanno gli onori della fauna, presentando già un buon numero di generi e di specie, riguardevoli per perfezione di forme, e per grandezza di mole (*Conocephalus minutus*, *Dicellocephalus Minnesotensis*, *D. jovensis*, *Parodoxides Harlani*, *P. vermontana*, *P. Tompsoni*, *P. Bennetii*, *Bathyurus parvulus*, *B. Senectus*, *Agnostus*, *Arionellus*, *Conocephalus*, *Microdiscus*). Da certe orme si desunse l'esistenza di un crostaceo (*Protchnites septem-notatus*) affine al *Limulus*, e come gallerie di un anellide (*Scolithus linearis*) si

ritennero quei fori cilindrici, già descritti, che penetrano perpendicolarmente i grès del Postdam, ricordando così i vermi della famiglia delle *Arenicole*. Impressioni di altri lunghi vermi marini si scoprono poi sopra diverse conchiglie. Di vegetali non si fa motto.

327. *Calcifero*. — La litologia di questa zona, superiore al gruppo di Potsdam, offre una particolarità molto caratteristica nella mistura del calcare e del calcare magnesiaco, coll' arenaria dura, seminata di geodi di quarzo, calce, barite, celestina, gesso, blenda, antracite. Le arenarie hanno però ancora il predominio sui calcari.

Fig. 25. *Sphaeroxochus mirus* Broug. (Siluriano superiore).

Nella serie di Lyell, il *Calcifero* vedesi compreso nel *Siluriano inferiore*; ma Lyell medesimo riporta le osservazioni di Hall, dalle quali risulta, che la fauna del *grès calcifero* presenta un complesso, il quale assolutamente lo distingue dal *Siluriano inferiore*, con cui non ha communi che tre o quattro specie. Anzi, assai più recentemente, Dana dichiara: che la fauna del *Calcifero* è, senza eccezione, diversa da quella del *Chazy*, ossia, in genere, da quella del *Siluriano inferiore*; mentre alcune specie del calcifero (*Lingula acuminata*, *Ophileta compacta*, *Archeocyathus minganensis*) si trovano anche nella zona del *grès di Potsdam*, universalmente riferita al *Cambriano*.

Fig. 26. Metamorfosi della *Sao hirsuta*. (Cambriano)

328. La fauna del *Calcifero* è ricca. Nel così detto *gruppo di Quebec* si incontrano 137 specie di fossili. Salvo l'*Archeocyathus minganensis*, che si ritieno, come dissi, una spugna, e alcuni incerti coralloidi, che Dana ritiene doversi riferire agli *Acalefi idroidi*, non si incontrano polipai di sorta. Il luogo dei coralli è tenuto, in quest'epoca, dai *Graptoliti*, di cui Hall descrive 42 specie. Scarsi oltremodo e incerti i Crinoidi. I Briozoarî sono rappresentati da una *Stromatopora*. I Brachiopodi vi abbondano abbastanza (*Orthis grandaeva*, *Lingula acuminata*, *Camerella calcifera*, *Leptaena*, *Strophomena*, ecc.). Gli Acefali sono rappresentati dal *Conocardium Blumenbachii*. I Gasteropodi abbondano, e appartengono alla famiglia dei *Trochi* (*Helicotoma uniangulata*,

Ophileta levata, ecc., *Holopea dilucula*, *Pleurotomaria calcifera*, *Murchisonia Anna*, *Maclurea matutina*, *Ecculiomphalus canadensis*, ecc.) I Cefalopodi della famiglia degli ortoceratiti vi sono ben rappresentati da diverse specie di *Orthoceras*, *Lituites*, *Nautilus*. I Trilobiti presentano ancora un numero di specie considerevole: se ne contano più di 40, appartenenti ai generi *Dicellocephalus*, *Bathyurus*, *Arionellus*, *Menocephalus*, *Conocephalus*, *Amphion*, *Agnostus*, *Cheirurus*, *Asaphus*. Finalmente nel Calcifero troviamo il primo *crostaceo ostracoide* (da alcuni gli *Ostracoidi* si confondono coi *Fillopodi*), cioè i primi di quei piccolissimi, spesso microscopici granchi, muniti di una conchigliuccia bivalva, che a miriadi si scoprono negli strati di ogni epoca. La *Leperditia Anna* è uno di questi enti microscopici, di cui sono seminati gli strati del Calcifero a sant'Anna, nel Canadà.

Prima di cavare le conclusioni che ci giustifichino dell'aver proseguito la fauna primordiale in quasi tutte le sue più minute particolarità (ciò che non faremo certo in avvenire), completiamo quanto può dirci la scienza sul periodo cambriano, cercandone gli equivalenti in Europa.

329. Cambriano in Inghilterra. — Consentendo a Lyell, segneremo i limiti superiori del *cambriano* sull'infimo strato del Llandeilo. Li segniamo, sempre colla premessa sottintesa di non tracciare una linea matematica di demarcazione. Nel Shropshire, sotto il Llandeilo tipico, si scoprono rocce quarzose, con tracce di oscure fucoidi. Anche assai prima, in altre regioni, per esempio nelle Alpi, il tutto si confonde in quella massa di terreni cristallini, gravida ancora di troppi problemi per la geologia. Nella Galles del Nord, invece, Sedgwick potè distinguere, sotto il *calcare di Bala*, equivalente del Llandeilo (siluriano inferiore) una potente formazione, e distinguerla in zone, che si vennero mano mano popolando di fossili.

Sono esse ripartite in due gruppi:

1.° *Schisti e porfiri d'Arenig*. Spessore 2000 metri.

2.° *Ardesie a Lingula* (Lingula-Flags).

a) *Schisti di Caradoc*. Spessore 300 metri.

b) *Ardesie a Lingula propriamente dette*. Spessore 450 metri.

Nessuno strato calcareo scopresi al disotto del *calcare di Bala*.

330. Il *Cambriano superiore* di Lyell comprende i due gruppi ora nominati: avrebbe dunque uno spessore di quasi 3000 metri, che giungerebbe a 6000, aggiungendovi gli schisti, che stanno tra il *calcare di Bala* e gli *schisti di Arenig*. Questi, se non erro, non sono fossiliferi, mentre la zona delle *ardesie a Lingula* lo va divenendo ogni giorno più.

Ci abbiamo dei trilobiti (*Agnostus*, *Conocephalus*, *Paradoxides*, *Olenus*),

de'Briozoari, e, quello che più interessa, un crostaceo dell'ordine dei Fillopodi nell' *Hymenocaris vermicauda*. La *Lingula Davisii* è quella che dà nome alla zona. Eccovi in così lontana età, nell'*Hymenocaris* e nella *Lingula*, i rappresentanti, l'uno di un ordine, l'altro di un genere, di animali ancora viventi in oggi.

331. *Cambriano inferiore.* — Sotto i *Lingula-Flags*, Sedgwick notò altri strati di grès e di schisti (*gruppo di Bangor*), dello spessore di 450 metri. Nessuna traccia di fossili nella Galles del Nord; ma in un gruppo d'Irlanda, ritenuto equivalente del Bangor, si scoprirono due specie di esilissime *Coralline:* l' *Oldhamia radiata* e l' *O. antiqua* (fig. 13). Sono questi i due più antichi rappresentanti della vita nelle Isole Britanniche.

Dana, riportando le osservazioni di Murchison, accorda al Cambriano d'Inghilterra lo spessore di 26,000 piedi. Bisogna dire che vi comprenda un gruppo di strati inferiore al Llandeilo, ossia al calcare di Bala, dello spessore di 3000 metri, citato da Lyell come appartenente ancora al Siluriano inferiore. Il modo però con cui Lyell parla di tale formazione non è tale da chiarire se essa debba distinguersi dagli *Schisti di Arenig*, o identificarsi con essi.

332. Cambriano in Boemia e in Scandinavia. — Barrande distinse col nome di *Schisti protozoici* una zona dello spessore di 400 metri, che riguarda come contemporanea dei *Lingula Flags*.

Povera ne è la fauna, da lui appellata *fauna primordiale*. De'molluschi non rimangono che un *Orthis* e un *Pteropodo;* de' crinoidi, alcune Cistidee. I trilobiti vi prosperano ancora abbastanza, e, ad eccezione del genere *Agnostus*, sono generi nuovi, di fisonomia particolarissima. Dodici specie di *Paradoxides*, e altre di *Conocephalus*, *Ellipsocephalus*, *Sao*, *Arionellus*, *Hydrocephalus*.

Specie di trilobiti, molto affini a quelli della *fauna primordiale* di Barrande, rivelarono l'esistenza del *Cambriano superiore* nella Svezia. Non trovo che, nè in Boemia, nè in Scandinavia, si parli di calcari.

333. Dal confronto tra gli strati cambriani d'Europa con quelli del Nord-America risulta un fatto, il quale non può a meno di colpire chi riflette alla immensa differenza che si verifica attualmente tra le faune delle diverse regioni. Abbiamo già parlato dell'accantonamento delle faune, come di un fatto sommamente caratteristico dell'epoca attuale. Se cerchiamo una caratteristica del cambriano, anzi, come vedremo più tardi, delle epoche antiche in genere, la troviamo nel fatto precisamente contrario, cioè nella universalizzazione delle faune; fatto, che attesta una eguaglianza di condizioni fisiche, che è ben lontana dal verificarsi al presente. Ho detto che questo fatto caratterizza, in genere, le epoche antiche;

aggiungo, che ci risulterà ancor meglio deciso dallo studio dei terreni paleozoici, superiori al cambriano, quando la ricchezza delle faune ci presterà in copia maggiore gli elementi di confronto. Intanto però è innegabile la corrispondenza che si verifica, nel senso inteso, fra gli strati sincronici dei due continenti.

334. Tanto in Europa come in America noi distinguiamo due gruppi cambriani: l'uno inferiore, assai povero di avanzi organici, l'altro superiore, contenente la quasi totalità della fauna primordiale. È singolare la perfetta somiglianza delle roccie, fra le quali predomina il grès nell'uno e nell'altro mondo. Confrontando la fauna d'Europa con quella d'America, non vi troviamo, per quanto è a mia cognizione, nessuna specie comune ai due continenti. Non può tuttavia sconfessarsi quella estrema uguaglianza di tipi, di famiglie e di generi, per cui si può dire che le due faune ne compongono una sola. Tanto in America quanto in Europa abbondano i *Trilobiti*, anzi vi hanno il predominio de' mari. I *Trilobiti* appartengono agli stessi generi: *Agnostus*, *Conocephalus*, *Paradoxides*, *Olenus*, *Arionellus*. — Tanto in America come in Europa troviamo come caratteristici i *Brachiopodi* del genere *Orthis*. È poi singolare il vedere come gli strati più profondi, coi quali comincia l'epoca cambriana, cioè il *gruppo di Potsdam* in America e i *Lingula-Flags* in Europa, siano caratterizzati dall' abbondanza delle *Lingula*. Notiamo che le *Lingula* attualmente non vivono che nei mari tropicali. Questo fatto ci autorizzerebbe già a concludere, che un clima tropicale regnasse allora nelle regioni che si trovano ora comprese in una zona temperata. Ma non giova qui insistere sopra un fatto, che ci verrà tosto splendidamente confermato dallo studio delle faune, assai più ricche, delle epoche che tennero dietro immediatamente alla cambriana. Mi basta però di avere una prova, che le condizioni telluriche, per le quali risultava un clima universalmente tropicale nell'epoca paleozoica, esistevano già fin dai primordî del periodo cambriano.

335. Un altro fatto notevole, e di cui finora non si saprebbe dare nessuna ragione, è questo: che mentre le due faune si assomigliano fino alla quasi-identità, l'americana è assai più ricca dell' europea.

Soggiungiamo alcuni riflessi su questa fauna primordiale, che ci compare come per incanto, non preparata, non promessa da faune antecedenti, quasi il primo fiato che popolò la terra, pria *deserta e vuota*.

336. La *fauna cambriana* è quella che segna il punto di partenza ai naturalisti filosofi, i quali vogliansi occupare delle ardue questioni circa l'origine, lo sviluppo, il progresso dell' organizzazione o della vita, e far la storia della animalizzazione del globo, basandosi sui fatti, non sulle ipotesi; ragionando, non fantasticando. Guardata da questo punto di vista,

la *fauna primordiale* è, quanto si può dire, interessante. Non è ancora il momento di occuparci delle gravi questioni accennate: noi non ci siamo proposto altro, per ora, che di fissare la cronologia del globo, traendola da sicuri documenti; avendo cura soltanto di mettere in maggior luce quei fatti, che possano meglio servir di base alle indagini del filosofo. Tutto, in questo senso, è interessante quanto riguarda la fauna primordiale. Rimarcate in particolar modo i fatti seguenti:

337. *Persistenza di alcuni tipi.* — La *fauna primordiale* è spenta. Dopo di essa ne apparvero e se ne spensero cento successivamente. Scomparvero, non le specie soltanto, ma i generi, le famiglie, le classi. Alcuni generi tuttavia hanno persistito con una rimarchevole ostinazione. Il *grès di Potsdam* ce ne presenta due: *Lingula* e *Discina*. Col *Calcifero* ne abbiamo due altri: *Nautilus* e *Pleurotomaria*. Dunque quattro generi di molluschi; cioè due di *Brachiopodi* nella prima zona; uno di *Gasteropodi* e uno di *Cefalopodi* nella seconda. La *Lingula* e il *Nautilus* sono singolarmente rimarchevoli sotto questo rapporto. Sono due forme, d'un tipo semplicissimo, eppur sicurissimo, che attraversano tutta la serie geologica, si mostrano quasi ovunque abbondanti, ed alla giovinezza estrema de' nostri mari imprimono un solco profondo di tellurica vetustà.

338. *Moltiplicità e altezza dei tipi primordiali.* — Quale sarebbe il tipo di una *fauna primordiale*, che risponda al principio della trasformazione delle specie, predicato da Darwin, a dispetto di tutta la scienza paleontologica? Quale sarebbe anche il tipo d'una fauna primordiale, nel concetto, tanto vagheggiato, della graduale progressività dell'organizzazione? Nol saprei.... Giovi intanto osservare, che la *fauna primordiale* presenta: 1.° molti tipi differentissimi di ordini, di famiglie, di generi e di specie; 2.° che i tipi più infimi (amorfozoarî, foraminiferi, zoofiti, echinodermi, briozoarî) o mancano assolutamente, o sono assai poveramente rappresentati, mentre abbondano i molluschi, trovansi indizî di anellidi, e hanno predominio assoluto i crostacei, i quali, prescindendo dagli insetti, così difficili a rinvenirsi allo stato fossile, occupano il posto più eminente nel gran regno degli invertebrati. Sessanta specie di trilobiti nel *cambriano* d'America sono un fatto troppo parlante!

339. Fa specie la scarsità, o meglio l'assenza, delle piante. Parlo di piante marine; perchè nulla abbiamo di terrestre, nè piante,[1] nè animali. Lo sguardo qui non si distende che sopra un mare senza confini....

Eppure le terre esistevano. Esistevano certamente: e se non ne tro-

[1] Non si rinvennero piante terrestri riconoscibili; è sempre inteso però che i combustibili fossili rivelano l'esistenza della vegetazione terrestre fin dall'epoca protozoica (Vedi la nota al § 288).

viamo indizio sulle aree occupate dalle terre attuali, segno è che esistevano altrove. Come per l'epoca protozoica, attestano l'esistenza delle terre i seimila metri di terreni detritici, di schisti, di arenarie: cioè i seimila metri (e potrebbe dirsi il doppio [1]) di fanghi o di sabbie, distesi sui due mondi, o formanti una pila che uguaglia in altezza le più alte montagne. Questa massa ingente di detriti, accumulati lentamente, strato sopra strato, nel volgere di tanti secoli, come si spiega, se non si ammette l'erosione di masse continentali corrispondenti? Il mare, l'ho detto, non crea i depositi; non genera i detriti nel suo seno, ma li riceve, o come tributo spontaneo dai fiumi, o va egli stesso a impossessarsene con violenza, sbranando le coste.

340. L'esistenza delle terre nell'epoca cambriana trova una prova irrefragabile in un fatto, che non poteva invocarsi, con pari certezza, dall'epoca protozoica. Parlo della esistenza d'animali marini, anzi d'una fauna marina, abbastanza ricca, perchè possa spiegarsi il suo esistere e mantenersi, se non si ammette l'esistenza delle terre.

341. Ma quali rapporti ci sono fra l'esistenza d'una fauna marina e l'esistenza delle terre? Niente meno che il rapporto di necessità. Una fauna marina non può esistere se non a condizione che esistano le terre. Questo vale già pel cambriano; ma apparirà ancora più luminosamente per l'epoca susseguente, cioè per la siluriana, epoca immensa, che, secondo il falso argomentare dei geologi, avrebbe preceduto l'esistenza delle terre.

342. Per intendere quanto a prima giunta può aver faccia d'una stranezza, si badi al fatto, che gli animali marini in genere, e i cambriani e più ancora i siluriani in ispecie, sono in grado eminente animali secretori di sali calcarei. Si richiami quanto si è detto circa l'ufficio di compensatori esercitato dagli animali marini. [2] Gli organismi secretori, i crostacei, le conchiglie, più di tutti i coralli, fissano i sali, impedendo da una parte che, caricandosene in eccesso le acque, cessino le condizioni della vita, e preparando dall'altra il materiale di nuovi continenti, da sostituirsi a quelli, che vanno per degradazione sfacendosi. Richiamo ugualmente quanto ho spiegato largamente altrove, [3] che cioè la salsedine dei mari è mantenuta

---

[1] Vedremo a suo tempo, come i terreni hanno dovuto subire una forte compressione, per cui venne diminuito sensibilmente il loro spessore originario. Pei terreni primitivi, per gli schistosi principalmente, l'effetto della compressione è tale, che è già un accordare troppo più del vero ritenendo che il loro attuale spessore non equivalga che alla metà dello spessore originario. Basti, p. es., il sapere che certi fossili, i quali dovevano avere originariamente uno spessore di parecchi centimetri, sono ridotti a una sottigliezza papiracea.

[2] *Dinamica terrestre*, Parte prima, cap. X, § 328.

[3] *Ibid.* cap. IX, § 297-299.

dai continenti; che i continenti danno, e i mari ricevono; che i continenti sono i magazzini dei sali; i fiumi e le correnti marine, i dispensieri; gli animali marini, i consumatori.

343. Portiamoci ai primordî dell'epoca cambriana: supponiamo che si verifichino in quei mari le condizioni della vita: supponiamo cioè che le acque nè siano troppo povere di sali, giacchè non possono rispondere al bisogno degli animali secretori, nè troppo ricche, sicchè gli stessi animali non vi trovino le condizioni della vita.[1] Siano ora quei mari popolati di animali, di crostacei, di conchiglie, di coralli, i quali cominciano l'esercizio delle loro funzioni. Quegli animali dunque si assimilano i sali, e le acque se ne impoveriscono. Così quegli animali rubano l'alimento prima a sè stessi, poscia alle generazioni venture. In breve tempo ecco cessate le condizioni della vita. Eppure non cessano: eppure per quanti anni o milioni di anni volsero dal principio dell'epoca cambriana alla fine dell' epoca siluriana, le generazioni si succedono, si moltiplicano, si addensano. Dal principio del cambriano alla fine del siluriano è un parossismo di vita sempre crescente. Alla fauna scarsa, e poco vigorosa, del cambriano succedono le faune dense, ricche, potenti del siluriano. Alle prime generazioni de' crostacei e dei molluschi cambriani, mediocri secretori, succedono le faune coralline del siluriano, che reclamano, pel proprio organismo, montagne di sali calcarei. Chi dunque sopperisce alle perdite? chi mantiene le condizioni di una vita marina sempre crescente? Noi l'abbiamo veduto: il mare, come non crea i detriti, così non genera i sali. I continenti sono quelli che gli prestano di continuo gli uni e gli altri. La scomparsa dei continenti sarebbe l'estinzione del mondo marino. I continenti esistevano dunque fin dall'epoca della prima animalizzazione del globo.

344. Quanto ai rapporti fra l'esterno e l'interno in quest'epoca, 6000 m. di detriti, cioè di depositi littorali, non potevano certo sovrapporsi sulla stessa area, senza che il mare non si andasse sprofondando, ammettendo pure che lo sprofondamento del fondo rappresenti forse, come si verifica in generale per tutte le epoche geologiche, dal terziario in giù, il risultato finale di una serie di oscillazioni. A ogni modo il cambriano fu epoca di deciso abbassamento per le nostre aree continentali, e tale abbassamento prevalse in Europa, dove, maggiore che in America, è lo spessore degli strati.

---

[1] È noto come i mari interni, quelli p. es. dell'Africa e dell'Asia, salati in eccesso, siano assolutamente, o quasi assolutamente, disabitati. È noto del pari come gli animali marini non possono reggere nelle acque dolci, o semplicemente salmastre; come cioè allo sviluppo degli animali marini nocciano del pari l'eccesso e il difetto dei sali, i quali entrano come costitutivi necessari della loro organizzazione.

CAPITOLO XIII.

SILURIANO.

EPOCA SECONDA DELL'ÊRA PALEOZOICA.

345. Il paese di Galles che, colle regioni contigue, era la sede dei Siluri, tribù degli antichi Brettoni, diè nome alla massa potente di terreni che si sovrappongono immediatamente agli strati cambriani, e in cui ci si rivela, o piuttosto continua, un'epoca d'immensa durata e piena di meraviglie.

Il siluriano occupa sterminate estensioni tanto nell'antico, quanto nel nuovo continente, e vi presenta uno sviluppo verticale veramente formidabile. La variotà o la distribuzione dei fossili permettono di fissarvi diversi orizzonti, i quali sono così decisi e uniformi nei due continenti, che ne risulta un parallelismo quasi perfetto tra i membri del siluriano d'Europa e del siluriano del Nord-America. Voi lo trovate espresso nella *Tavola dei terreni*. Ci tornerebbe quindi agevole descrivere i terreni siluriani, membro per membro, quale ciascuno si presenta e nell'uno e nell'altro continente. Ma faccio osservare che il parallelismo non è sempre nè perfetto, nè sicuro. D'altronde i diversi membri offrono, sia in Europa, sia in America, tali specialità, che converrà tener divise nell'analisi le due serie, riservandoci infine di venire ad una sintesi, che ci dia un concetto generale dell'epoca. Attingiamo al *Manuale* di Lyell la descrizione del *Siluriano d'Europa*, e al *Manuale* di Dana quella del *Siluriano del Nord-America*.

346. Il seguente specchio, offertoci dal Lyell, mostra, in serie discendente, la ripartizione del siluriano tipico per l'Europa, ossia del siluriano nel paese di Galles, ne' suoi diversi membri, e riassume i caratteri di ciascuno.

Specchio degli strati siluriani in Europa.

Siluriano superiore		*Roccie dominanti*	*Spessore*	*Fossili*
1. Formazione di Ludlow	Ludlow superiore...	a) *Tilestones*. Grès micaceo o strati sottilissimi, rossastri o verdi. b) Grès e fanghi micacei, grigi.	245m ?	Molluschi marini di quasi tutti gli ordini. Sovrabbondanza di brachiopodi. Trilobiti, pesci placoidi; i più antichi pesci che si conoscano in oggi. Alghe marine. Piante terrestri (?) negli strati superiori.
	Calcare d'Aymestry Ludlow inferiore.	Calcare argilloso. Schisti con concrezioni calcaree.	610m	
2. Formazione di Wenlock	Calcare di Wenlock	Calcare concrezionare.	610m	Molluschi marini d'ordini diversi. Sovrabbondanza di crinoidi e di coralli. Trilobiti e graptoliti.
	Schisto di Wenlock	Schisti argillosi e ardesie.		
Siluriano medio				
3. Formazione di Caradoc	Grès di Caradoc....	Schisti, calcari conchiferi, grès, conglomerati.	610m	Crinoidi, coralli, molluschi. Sovrabbondanza di brachiopodi, singolarmente *Pentamerus*.
Siluriano inferiore				
4. Formazione di Llandeilo	Llondeilo-flags....	*Flags*, ossia ardesie calcari di colore oscuro; ardesie a grès.	610m	Molluschi Trilobiti. Cistidee. Crinoidi. Coralli. Graptoliti.

347. Soggiungo tosto lo specchio degli strati siluriani nell'America settentrionale, parallelizzati cogli strati siluriani d'Europa.

Specchio comparativo degli strati siluriani del Nord-America.

EUROPA	NORD-AMERICA
SILURIANO SUPERIORE	SILURIANO SUPERIORE
Ludlow superiore *Calcare d'Aymestry* *Ludlow inferiore*	*Elderberg inferiore* (calcare dell')
	Salina (gruppo salino di Onondaga) Salifero Leclaire (calcare del) *Niagara*
Calcare di Wenlock *Schisti di Wenlock*	Niagora propriamente detto
SILURIANO MEDIO o formazione di Caradoc....	Clinton (gruppo di) Medina (Arenaria di) Oneida (Conglomerato di)
SILURIANO INFERIORE o Formazione di Llandeilo	SILURIANO INFERIORE *Hudson* Hudson River (Schisti dell') Utica (Schisti di) *Trenton* (Gruppo di) Trenton propriamente detto Chazy (Calcara di)

348. Prima di procedere all'analisi dei diversi piani siluriani nei due mondi, daremo alcune notizie generali sulla fauna che ci si presenta. Come già dissi, la fauna siluriana è la cambriana, che si continua, che si completa. Sempre inteso che le due faune, o piuttosto le molte faune, che si

succedono dal principio del cambriano al termine del siluriano, si assomigliano, e quasi si identificano in una gran fauna, per la uguaglianza delle classi, delle famiglie, dei generi che la compongono. Ma ciascuna fauna è composta di specie particolari, sicchè ciascuna interamente, o quasi interamente, sotto questo rapporto, si spegne, e un'altra novella le succede. E questo si ritenga sempre quando si dice che la fauna di un piano è affine o uguale alla fauna di un altro. Ogni piano geologico ha in genere una fauna propria, se si ragiona di specie; benchè un numero maggiore o minore di specie, appartenenti a una data fauna, abbiano il privilegio non commune di appartenere a diversi piani, anticipando o prolungando la propria esistenza oltre i limiti assegnati ordinariamente alle specie. È in questo senso adunque, che noi diciamo che la fauna siluriana continua e completa la cambriana. Essa infatti non soverchia di molto i limiti della fauna primordiale, se parliamo di classi; poichè anche la fauna siluriana si accontenta degl' invertebrati, o lavora, per dir così, sulle basi preparate dall'epoca primordiale. Ma su quelle basi erge un grande edificio. Possiamo anche dire, per intenderci, che la fauna cambriana segna i confini di un largo campo, che la siluriana popola o riempie. Il mondo siluriano infatti, ristretto agl' invertebrati, sa farci dimenticare la sua limitazione con tale ricchezza entro quei limiti, che noi non ci accorgiamo di ciò che manca, ammirati di ciò che abbonda.

349. Noi abbiamo nel siluriano un'epoca immensa, che presenta il carattere singolare di un mondo animatissimo, dove, ciò non pertanto, manca assolutamente ogni tipo di animali superiori. Prescindendo infatti dai pesci che si incontrano negli strati superiori del Ludlow, in Inghilterra soltanto, e che possono, con molta probabilità, riferirsi al devoniano; non vi ha traccia alcuna di animale vertebrato. L'assoluta mancanza di piante terrestri è pure un fatto molto rimarchevole. Questa assoluta deficienza di un indizio qualunque di vitalità terrestre è ben lungi dall'infondermi il sospetto, che non esistessero allora nè isole, nè continenti. Gli enormi ammassi di roccie aggregate, d'origine certamente meccanica, bastano da sole a provarci l'esistenza di masse continentali. Ma perchè nemmeno una conchigliuccia o terrestre o fluviale? nemmeno un tronco o una foglia, venuti a seppellirsi in quei fondi marini, che ora, posti all'asciutto, così largamente si distendono sulla faccia dei continenti? è un problema.

350. La vita, concentrata, almeno apparentemente nei mari, ferveva meravigliosamente potente in quella miriade di animali, che stanno sugli infimi gradini della creazione. I giganteschi ortoceratiti da 15 piedi e i mostruosi trilobiti da 2 piedi, tenevano il luogo della balena e del pescecane; e così via via, scendendo grado grado fino alle microscopiche

foraminifere, lo spettacolo del mare non era nè meno vivo, nè meno imponente di adesso. Il *Prodromo* di d'Orbigny non noverava che circa 850 specie siluriane, dai molluschi in giù: notando che l'autore non distingueva ancora il cambriano dal siluriano. In questi ultimi anni la fauna siluriana si accrebbe a dismisura, e andrà ancora crescendo. Barrande numera già 2000 specie del solo siluriano di Boemia. Nelle due zone calcaree, da lui segnate *E* e *F*, conta 153 specie di trilobiti.

351. Le classi già apparse si moltiplicano, ramificandosi in nuove famiglie e in nuovi generi. I Graptoliti, p. es., si moltiplicano così a dismisura, che molti strati talvolta ne sono quasi interamente composti. Le diverse classi dei molluschi si arricchiscono anch'esse, ma ingrossano singolarmente i Brachiopodi, i Pteropodi e i Cefalopodi. Risulterebbe anzi dai più recenti studî di Barrande, che il siluriano è veramente l'èra delle due ultime classi di molluschi or ora citate. Di 246 specie di Pteropodi a lui note, distribuite nei diversi terreni, dal siluriano al lias, 178 appartengono al siluriano.[1] Quanto ai Cefalopodi, d'Orbigny, nel 1850, ne numerava 114 specie; e Barrande le faceva ascendere a 1622 nel 1869, distinguendovi 90 *Gomphoceras*, 43 *Lituites*, 20 *Nautilus*, 851 *Orthoceras*, ecc., tutti generi della famiglia dei *Nautilidi*. I Trilobiti vi attingono il *maximum*. Notiamo sopra tutto l'incremento, o piuttosto la comparsa, di due grandi classi, le quali erano escluse dal mondo primitivo. Parlo degli Echinodermi e dei Zoofiti o Coralli. Quelli non erano rappresentati nel mondo primitivo che da qualche frammento di Cistidee, o di Crinoidi ordinarî, quasi promessa di una creazione futura: questi rappresentano assolutamente una nuova creazione. I banchi di corallo fioriscono, quasi immensi giardini animati, sui fondi dei liberi mari silurici, seminando probabilmente di isole il piano monotono dell'antico oceano. Le vaghe *Cistidee* spuntano come bottoni di roso dagli scogli, che traspajono dal seno di limpide acque, e, tremolanti sui fragili steli, si schiudono i gigli dei Crinoidi ordinarî.[2]

352. Le *Cistidee* costituiscono una curiosa e vaghissima famiglia della

---

[1] BARRANDE, *Ptéropodes siluriens*, par. I. 1867.

[2] I naturalisti distinsero i *Crinoidi* in molte famiglie, e il numero di esse varia secondo gli autori. Qui io considero come tipi affatto distinti le *Cistidee* e le *Pentremitidi*, comprendendo poi sotto l'unico titolo di *Crinoidi ordinarî* quelli che rispondono ai tipi più noti, più communi, persistenti in tutte le epoche del globo, cioè i Crinoidi, che portano sul loro stelo articolato, lungo, radicato negli scogli, una *testa*, o *calice*, composto di molti pezzi articolati, e sono muniti di braccia mobili, ugualmente articolati. Sotto questo nome di *Crinoidi ordinarî* comprendo, p. es., le *Melocrinidæ* di d'Orbigny, famiglia quasi tutta esclusivamente paleozoica, ma nella quale figurano pure i celebri *Encrinus* del trias. Vi comprendo ugualmente le *Cyathocrinidæ* dello stesso autore, famiglia tutta paleozoica, e le *Apiocrinidæ* dei terreni superiori ai paleozoici, e le *Pentocrinidæ*, che ebbero così grande sviluppo nell'epoca giurese, e alle quali appartengono le due e tre specie di crinoidi viventi.

classe dei *Crinoidi;* classe ora quasi scomparsa, dopo avere dominato i mari di tutte le epoche, variando coi tempi più forse che nessun'altra classe abbia variato. Nell' epoca siluriana i *Crinoidi* brillarono appunto sotto le forme vaghissime delle Cistidee, ma nella stessa epoca sotto queste forme quasi si spensero. D'Orbigny non cita che una specie di *Echinosphaerites*, per cui la famiglia delle *Cistidee* si può dire superstite alla sua totale rovina nell'epoca immediatamente seguente, cioè nel devoniano.

Fig. 27. *Pseudocrinus quadrifasciatus*, Forbes (Siluriano superiore).

Le *Cistidee* sono *Crinoidi* in forma di calice o testa ovale, composte di piastrelle poligonali, di numero variabile, sostenuto da un piccolo gambo articolato. La natura vivente non ha nessun organismo con cui si possano esattamente confrontare. Sembra però che questi animali non si discostino dai *Crinoidi ordinari*, se non per questo, che non potevano schiudersi, mettendo in libera communicazione le parti molli, ossia i visceri interni coll'esterno. La testa però, foggiata a guisa di uno sferoide a mosaico, era provvista di tre aperture, in cui i naturalisti vogliono ravvisare una bocca, un ano o un' ovaia o apertura genitale. Meglio che qualunque descrizione gioveranno al lettore le figure di alcune specie di *Cistidee*.

353. La prima di esse, cioè il *Pseudocrinus quadrifasciatus* (fig. 27), del siluriano superiore di Dudley, rappresenta un genere poco numeroso, che tutto si perde nel siluriano superiore. Dalla bocca, posta superiormente, irradiano le braccia articolate, che vanno a terminare sul gambo radiciforme. Sul lato destro della figura osservasi l'apertura ovaria, protetta da una piramide di piastrelle triangolari. Il *Callocystites Jewettii* (fig. 28) è un bottone di fiore presso a sbocciare: rallegrò di sua graziosa vista i mari del *Niagara*, poi si spense, e con lui si spense il genere, di cui fu unico rappresentante. Il *Caryocrinus ornatus* (fig. 29), unico rappresentante di un genere, che pure occupò i due mondi, si direbbe un bottone di fiore a mosaico, vagamente composto colle squame d'una tartaruga. Lo stesso stile segue l'*Hemicosmites pyriformis* (fig. 30), ove sono soppresse le braccia e i tentacoli, talchè non si saprebbe a qual regno ascriverlo, se l'apertura ovaria laterale, coperta di piastrelle triangolari, o la bocca terminale, rilevata a foggia di un piccolo diadema di piastrelle, non tradisse la natura delle *Cistidee*. Più simile alla testuggine, per l'esterna

Fig. 28. *Callocystites Jewettii*, Hall. (Siluriano medio).

armatura, ma privo di braccia, e tutto chiuso come una bacca, è il *Caryocystites testudinarius* (fig. 31), rappresentante di un genere esclusivo al siluriano inferiore. Vi si lasciano scoprire però una bocca ed un ano, oltre l'apertura ovaria in mezzo al fianco, così evidente nella figura. Per un frutto d'arancio si piglierebbe davvero l'*Echinosphærites aurantium* (fig. 32), se non fosse la bocca sporgente sul polo superiore, con un piccolo ano, e l'apertura ovaria, protetta da una graziosissima decorazione, o stella di cinque pezzi, sul petto dello sferico animale. Viene ultimo lo *Stephanocrinus angulatus* (fig. 33), dal calice pentagonale, ove le cinque

Fig. 29. *Caryocrinus ornatus*, Say (Siluriano superiore).

Fig. 30. *Hemicosmites pyriformis*, de Buch. (Siluriano inferiore).

Fig. 32. *Echinosphærites aurantium*, de Buch. (Siluriano inferiore).

Fig. 31. *Caryocystites testudinarius*, His. (Siluriano inferiore)

Fig. 33. *Stephanocrinus angulatus*, Conrad (Siluriano medio).

faccie sono separate da spigoli diritti, che, prolungandosi, lo cingono di un superbo diadema. Visse, con una specie sorella, in America, durante il periodo del Niagara.

354. Affini alle *Cistidee* sono i *Crinoidi Blastoidi*, ossia le *Pentremitidæ*, che stabiliscono come un anello di passaggio fra loro e i *Crinoidi ordinari*. Pel calice, in forma di cupola o di piramide, si assomigliano ai *Crinoidi ordinari*, ma non hanno braccia mobili, onde sotto questo rapporto si tengono strette alle *Cistidee*. Questa famiglia comincia con una specie del siluriano superiore d'America; si moltiplica nel devoniano, e attinge il suo *maximum* (forse 25 specie) nel carbonifero. Figuriamo, come esempio l'elegantissimo *Pentremites pyriformis* (fig. 34) del carbonifero del Kentucky.

355. Vivo attualmente nelle profondità, chi dice dei mari delle Antille, chi delle Indie, un arboscello animato, vero animale arborescente, solo, smarrito nella natura vivente, ove non si trova un affine. Egli è il *Pentacrinus Caput Medusæ*, quasi unico avanzo (specie nuova però) di antichissime generazioni, che possedettero l'ampiezza de' mari.[1] Ma d'un arboscello non ha che la forma, constando di un numero immenso di articolazioni, ossia di piastrelle pentagonali, sovrapposte l'una all'altra, e articolate l'una nell'altra, per le rispettive faccette, dentato in guisa da offrire un disegno elegante in forma di stella. Una serie, ossia una pila di quelle piastrelle forma il tronco, da cui si staccano cento altre pile minori a guisa di rami. A compire la somiglianza del *Pentacrinus* con una pianta non manca la radice per cui l'animale è fisso agli scogli.

Fig. 34. *Pentremites pyriformis*, Say (Terreno carbonifero).

356. Ma i *Pentacrinus* non sono che una forma di *Crinoidi*, che vedremo popolare di foreste viventi i mari dell'epoca giurese, mentre i loro numerosi congeneri apparvero assai prima, e in tanta copia, che si può dire veramente l'epoca paleozoica essere l'èra dei *Crinoidi*. Di circa 58 generi conosciuti, 36 sono esclusivamente paleozoici. L'apparizione dei *Crinoidi ordinari* nel periodo siluriano ha qualche cosa di spettacoloso, e basta da sola a darci un'idea di una vera creazione. Ai *Crinoidi ordinari* si compete, meglio che ai coralli, il nome di piante animate. Essi in fatti, come già abbiam detto dei *Pentacrinus*, si fissano agli scogli con un sistema di *radici* nodose, nocchieruto, vermiformi, simili ai rizomi delle ninfee. Dalle radici calcaree, tutto d'un pezzo, si slancia il gracile stelo, ritto, elegante, come il gambo del giglio. Ma lo stelo, in luogo di essere tutto di un getto, è composto di tanti articoli, cioè di un numero infinito di piastrelle, di scudetti rotondi, o poligonali, l'uno all'altro sovrapposti, formanti una vera pila. Il piano di ciascuno scudetto si incastra nel piano dello scudetto contiguo, mediante un rilievo o *stella articolare*, varia per

[1] Nel 1869 venne pubblicata, nel *Bullettino del museo di zoologia comparata* di Cambridge, una lista di crinoidi, raccolti in seguito agli scandagli sulle coste della Florida e di Cuba. Sono sette, cioè cinque specie di *Antedon*, il *Pentacrinus Mulleri* Oerst, e il *Rhizocrinus lofotensis* Sars. Pare che i crinoidi debbano ritenersi a preferenza come caratteristici delle grandi profondità. L'*Antedon cubensis* e il *Rhizocrinus lofotensis* pescaronsi alla profondità di 450 fathoms (823ᵐ) e il *Pentacrinus Mulleri* a 471 fathoms (861ᵐ). Le altre specie però si estrassero da profondità molto minori; da 9 a 105 fathoms.

ciascuna specie, spesso bizzarra, sempre elegantissima. Il lungo stelo termina con un grosso rigonfiamento, chiamato, *testa* o *calice*, che trova la migliore somiglianza coi fiori, o chiusi o aperti, del giglio e del tulipano. Quel calice in fatti, composto di maggiori piastrelle, a mo' di un fiore a mosaico, è unito nella parte inferiore, e protegge la così detta *cavità viscerale:* superiormente invece è diviso in tante *braccia*, articolate come il gambo, simili del resto ai petali formanti una corolla. Quelle braccia sono flessibili, si aprono o si chiudono, governate dagl' istinti dell'animale, e servono come organi di pressione, precisamente come le braccia carnose dei polipi. Quella corolla in fine è la bocca, che comunica coi visceri, come questi communicano colle parti inferiori dell'animale, mediante un esilissimo tubo che percorre tutto lo stelo, fino alle radici, trapassando nel centro tutti gli *articoli* onde lo stelo è composto. È sempre una cosa molto ambita dai paleontologi quella di trovare i *Crinoidi* interi, e le *teste* di questi animali formano uno degli ornamenti più ricercati delle collezioni. Ma dopo la morte dell'animale, il suo scheletro, composto di articoli, riuniti soltanto, a quanto pare, da un tessuto molle membranoso, dovea facilmente sfasciarsi. Perciò quanto è difficile di trovare i *Crinoidi* interi, altrettanto è facile di raccoglierne gli *articoli*, o i monconi, separati. Tali *articoli*, o monconi, communemente noti anche sotto il nome di *Entrochi*, sono sparsi a profusione nei terreni calcarei d'ogni epoca, e formano talvolta dei veri banchi, cioè una vera roccia, che troverassi citata sovente sotto il nome di *calcare a entrochi.*

357. Credo bene anche qui di supplire alla descrizione, ponendo sotto gli occhi del lettore diverse figure di *Crinoidi*, nelle quali rileverà facilmente i diversi particolari accennati. Anzitutto l' *Ichthyocrinus lævis* Conrad (figura 35) del siluriano medio d'America.

Fig. 35. *Ichthyocrinus lævis* Conr. (Siluriano medio).

La lettera *A* lo presenta colle braccia espanse, la *B* invece colle braccia chiuse. L'*Apiocrinus Murchisonianus* (fig. 36) offre una delle forme più tipiche, ma al tempo stesso uno dei generi che comparvero più tardi.

Gli *Apiocrinus* appartengono tutti all' epoca del Giura. Avevano ro-

buste radici, tronco esile, lungo, flessibilissimo, calice piriforme, terminato da una corolla di braccia lunghe e pinniformi. La figura 37 offre finalmente un moncone del gambo elegantissimo del *Millecrinus aculeatus*, ove si distinguono benissimo gli articoli che lo compongono. La lettera *B* presenta il moncone, ossia l'*entroco*, mentre uno degli articoli presenta, alla lettera *A*, la sua vaghissima *stella articolare*.

Fig. 36. *Apiocrinus Murchisonianus* d'Orb. (Terreno coralliano.)

358. Quali erano le funzioni affidate dalla natura ai *Crinoidi*, negli antichi tempi, se essa può, direbbesi, farne a meno nell'epoca attuale? È difficile il rispondere. Una cosa certa è però, che quegli animali godevano in grado eminente della facoltà di fissare i sali calcarei. Esercitavano dunque quel magistero di compensazione, che vediamo allora e poi affidato in particolar modo ai coralli. Lo esercitavano in grado eminente, poichè io non conosco altri organismi a cui si competa a maggiore diritto il titolo di organismi secretori. I *Crinoidi* sono composti di un calcare durissimo, compatto, un calcare lamelloso, spatico, che resiste in grado eminente alla erosione meteorica, e si assomiglia, per la durezza, alla selce. Le parti molli si riducevano a un nonnulla: erano in fine veramente e unicamente *organismi secretori*. Le masse coralline sono, in confronto coi *Crinoidi*, leggiere, porose. In fine io credo che, a pari dimensione, una selva di *Crinoidi* equivalga, per rapporto al valore secretivo, a due banchi di corallo. I *Crinoidi* dunque, meglio ancora che i coralli, sono testimonî dell'esistenza di acque saline, molto concentrate, e quindi di quel torrido clima, che è condizione del concentramento delle acque.

359. Ci resta a parlare dei coralli, i quali si presentano anch'essi, dirò, come una creazione spettacolosa. Ma i coralli, così densi ancora in seno ai mari attuali, sono anche più noti, sicchè io credo che nessuno dei lettori abbia bisogno di una descrizione per formarsene un'idea. È noto come i polipi, o coralli, constino di una specie di sacco membranoso, che si apre sul davanti in un verticillo di braccia carnose, le quali si aprono e si chiudono, servendo come organi di prensione. L'apertura anteriore del sacco serve a un tempo di bocca

e di ano. Ma il sacco membranoso dei coralli è tutto a pieghe, e secreta abbondantemente un muco calcareo, che, rivestendo il sacco, forma la così detta *muraglia*, o involucro calcareo dell'animale, e, insinuandosi nelle pieghe, forma i *raggi* o *lamelle*, le quali convergendo dall'interno della muraglia, di forma irregolarmente tubulare, verso un centro o una linea centrale, disegnano una stella, detta *stella caliceale*. Dalla stella caliceale sporgono le braccia, disegnanti, come quelle dei *Crinoidi*, una specie di corolla, per cui i coralli già si confusero colle piante a fiori, e chiamaronsi zoofiti.[1] La parte solida, ossia l'ossatura del corallo, si chiama *polipajo*, e questo è fisso ai corpi sottomarini, mediante una radice, ossia una espansione calcarea a modo di ceppo informe. Il lettore ha già appreso del resto come alcuni polipi vivono come individui isolati; altri invece si uniscono a migliaia e milioni d'individui insieme, creando enormi polipai sociali, dalla cui aggregazione nascono i celebri banchi corallini, capaci di emulare la mole dei continenti. Ha già veduto come i banchi si trasformino in isole, come cioè per essi sia seminata di terre abitate la vastità degli Oceani. Si sarà soprattutto formato un concetto di quel magistero di compensazione, per cui i coralli figurano come principali ministri in quell'ammirabile sistema di economia che provvede alle generazioni presenti e alle generazioni future.[2] I coralli dell'epoca siluriana, mentre, depurando le acque, provvedevano alla conservazione delle siluriane generazioni, accumulavano già i materiali per cui si eressero i continenti nuovissimi. Le terre della Gotlandia, le colline di Dudley, gli altipiani del Niagara, sono banchi corallini generati in seno all'Oceano siluriano.

Fig. 37. *Millecrinus aculeatus* d'Orb. (Terreno oxfordiano.)

360. I coralli, ignoti al cambriano, appajono dunque come una *grande entrata in scena*, al principio dell'epoca siluriana, e reggono collo stesso rigore durante tutta l'epoca paleozoica. Li vedremo del pari sovrani dei mari triasici, giuresi, cretacei, terziari, come li vediamo stendere sempre più gl'immensi loro confini in seno agli attuali oceani, conservando sempre approssimativamente, cogli identici costumi, le stesse forme.

361. Infatti molti fra gli strati paleozoici, fra i siluriani nominatamente,

[1] In questa descrizione si considera la struttura della quasi totalità dei coralli fossili o viventi. Il vero corallo, cioè il corallo rosso del commercio, specie vivente, costituisce assolutamente un'eccezione. La secrezione avviene nell'interno del corpo gelatinoso dell'animale, formando una specie di pianta mucilaginosa, sorretta da uno scheletro corallino interno.

[2] *Dinamica terrestre*, Parte prima, cap. X.

sono veri banchi di corallo: taluni così ben conservati, specialmente in America, che si direbbero ancora irrorati dalle onde salate della zona torrida. Ma anche qui c'è qualche cosa che distingue affatto quello che noi chiamammo antico mondo dal nuovo, il quale comprende tutte le epoche, dal *permiano* in su. Gli autori hanno, forse troppo sistematicamente,

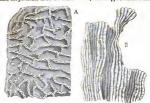



Fig. 38. *Halysytes catenularia* Linn. (Wenlock o siluriano medio.)

A. Polipajo visto superiormente.
B. Lo stesso visto su di un lato.

accostato ai generi, caratteristici de' terreni paleozoici, molti generi di molluschi, che appartengono ad epoche più recenti, o vivono anche attualmente. Così non poteron fare de' coralli. Chi abbia appena dato uno sguardo ad una raccolta di polipai paleozoici, sarà rimasto colpito da quella fisonomia di famiglia, per cui un polipajo paleozoico si distingue, a colpo d'occhio, tra mille d'epoca più recente. I polipai, a cui alludo, sono distribuiti da d'Orbigny specialmente nelle famiglie delle *Favositidæ* e in quella delle *Cyathophillidæ*. Il carattere più spiccato delle due famiglie, non che dei polipai paleozoici in genere, sta nell'interna struttura, dove le lamine radianti, che dividono la maggior parte dei polipai più recenti in un certo numero di camere verticali, perdono la loro importanza. Talora anzi le lamine radianti mancano totalmente, sviluppandosi invece assai certe lamine orizzontali, dette *soffitti*, le quali, estendonsi, in tutto o in parte, attraverso la cavità viscerale del polipajo, e, incrociando le lamine verticali, dividono detta cavità in un gran numero di cellette. La figura 39 mette in piena evidenza la struttura de' coralli paleozoici. Lo *Zaphrentis Enniskilleni* è un polipajo del terreno *carbonifero*, che ha forma di corno. La tron-

catura del corno è svasata, o mostra il processo delle lametto radianti, che formano la stella caliciale. Levata nna parte della *muraglia*, che cinge il polipajo, si vede come le lamelle caliciali discendano e si riuniscano sul fondo del cornetto, separando la cavità in tante camero anguste, allungate, che irradiano dall'asse del corno, o cono, alla periferia. Al tempo stesso veggonsi le testate dei *soffitti*, o lamine normali alle lamino caliciali, che dividono il cono in nn gran numero di piani, e gli danno quell'aspetto di alveare o, meglio di favo, che distingue così a colpo d'occhio un polipajo paleozoico da un polipajo mesozoico, o recente. Quando i polipieriti (i polipai individui) sono aggruppati, a modo delle grandi specie sociali viventi, formano masse enormi ed elegantissimi intrecci, di cui abbiamo un esempio nello famose *Halysites* o *polipai a catena* dei terreni siluriani o devoniani (fig. 38), composti di polipieriti fistulosi, interrotti da nn gran numero di *soffitti*, che, sorgendo insieme saldati, quasi cannucce che formino nn alveare di piccoli steccati, disegnano in rilievo, sulla superficie crosa degli strati, uno squisito lavorio di catenelle intrecciato. Quando invece i polipieriti sono isolati, o semplicemente aggruppati, hanno forma di corni, spesso di considerevoli dimensioni, fissi al fondo marino per la loro estremità attenuata, aprendosi verso l'alto, e terminando in forma di stella radiata. Tipo di qnesta forma è il genere *Cyathophyllum*. Io ho tuttavia segnalato un *Cyathophyllum* o il nuovo genero *Pyxidophyllum* nell'infralias, coi caratteri più specchiati dei polipai paleozoici. Altri generi e specie, che rispondono più o men beno al tipo paleozoico, furono segnalati in terreni più recenti, e fin tra i viventi. Ma la cosa cammina como per i pesci: ciò cho è mera eccezione nelle epoche posteriori al *permiano*, diventa la regola entro i limiti dei terreni paleozoici.

Fig. 39. *Zaphrentis Enniskilleni* M. Edw. et H. (Terreno carbonifero.)

362. Lyell mette in luce altre caratteristiche, ancora più esclusive, per distinguero i due tipi corallini da lui chiamati *paleozoico* e *neozoico;* ma la verificazione di tali caratteri esige l'occhio esercitato del naturalista. Converrà però che io accenni le sue osservazioni, lo quali suggellano quanto ho detto in proposito all'esistenza di due tipi assolutamente distinti.

« I coralli più antichi, dice l'autore, presentano ciò che si chiama

disposizione quadripartita nelle loro lamine lapidee, o lamelle (parti dello scheletro, che reggono gli organi della riproduzione). Il numero delle lamelle, nel tipo paleozoico, è di 4, 8, 16, ecc., mentre nel tipo più nuovo è sempre di 6, 12, 24 o di altri multipli di 6.... Se si tiene conto del gran numero di specie paleozoiche e neozoiche, havvi certamente di che meravigliarsi in veggendo come regga costante la regola per noi stabilita. Fino ad oggi essa non ha sofferto che due eccezioni; quella di un corallo quadripartito in una formazione neozoica (la *cretacea*) e quella di un corallo della classe sestupla (una *Fungia?*) in roccie paleozoiche (*siluriane*)." [1]

363. La fauna siluriana offre del resto in tutte le classi molte specialità, che la caratterizzano. I Brachiopodi principalmente vi presentano delle forme singolarissime. Citerò fra queste il genere *Pentamerus*, così singolare per la forma del suo *apparato brachiale*.

Il *Pentamerus Knightii* (fig. 40), tipo del genere, ha le apofisi brachiali riunite in fondo della piccola valva, per mezzo di lamine verticali,

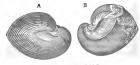



Fig. 40. Pentamerus Knightii.

A. Esterno della conchiglia.
B. Sezione delle due valve sul piano divisorio determinato dall'apparato brachiale.

che si distendono attraverso la gran valva, di modo che la conchiglia rimane divisa in quattro camere, due nella piccola, due nella gran valva. Si conta come quinta camera una cavità conica nell'interno stesso dell'apparato brachiale, nella parte media di esso, che si vede per ciò nella figura rigonfiarsi, formando una convessità fra le due parti laterali, che rimangono piane. È questa struttura quinquelocularo, che valse al genere il nome di *Pentamerus*. Questo genere nasce nel siluriano inferiore, continua a vivere nel devoniano, e si spegne nel carbonifero.

364. Un altro genere singolarissimo appare nel siluriano, o gode di uno sviluppo assai maggiore del genere precedente, prosperando fin nell'epoca

[1] LYELL, *Man.*, Cap. XVI.

giurese. È questo il genere *Spirifer*, che deriva ugualmente il suo nome dalla singolarità delle apofisi brachiali.

Come mostra la figura 41, la conchiglia degli *Spirifer* è ben riconoscibile, anche esternamente, fra tutti i *Brachiopodi*, per la sua forma quadrilaterale, o singolarmente per l'*apertura* triangolare, o *deltidio*, inciso in una grande *area* della gran valva. Esternamente la conchiglia era, se non sempre, sovente coperta di spini o, dirò meglio, di peli. L'interno è più singolare ancora. L'apparato brachiale consiste in due esili lamelle, che, fisse per una estremità alla parte superiore della piccola valva, se ne spiccano immediatamente, e discendono, quasi parallele verso il labbro delle due valve. Ma, prima di giungere alla metà, sono riunite da una traversa, oltre la quale le due lamine, ripiegandosi in molti giri sopra sè stesse, l'una a destra, l'altra a sinistra, riempiono quasi interamente il vano rispettivo della conchiglia con due spirali coniche, che si guardano rispettivamente colle loro basi. Del resto le principali notizie sulla paleontologia siluriana verranno completate nella seguente rassegna analitica dei diversi piani siluriani, inscritti negli *Specchi* suesposti (§ 346 e 347).

Fig. 41. *Spirifer rostratus*, Schl. (Lias d'Inghilterra).

A. Esterno della conchiglia.

B. Interno, ove si mostrano le spirali dell'apparato brachiale.

365. Formazione di Llandello. — Cominciando dall'Europa, il gruppo

siluriane più antico, che piglia il nome di Llandeilo, dalla città di questo nome nella contea di Caermarthen, consta di schisti micacei, spesso di calcari, sovrapposti ad una massa potente di argille schistose, nere. Ove la zona è calcare, abbondano i coralli (*Halysytes*, *Heliolites*, *Petraia*, *Stenopora*, *Favosites*) e i crinoidi cistoidi, fra cui bellissimi *Echinosphærites*, aventi la forma di uno sferoide, composto di un mosaico di stelle. I brachiopodi sovrabbondano, principalmente gli *Orthis*, le *Leptæna*, gli *Strophomena*; vi compajono gli *Spirifer* o lo *Atrypa*. Tra i cefalopedi distinguonsi gli *Orthoceras* e le *Lituites*. Quanto ai *Trilobiti*, il *Siluriane inferiore* può dirsene il regno: gli *Asaphus*, le *Ogygia*, i *Trinucleus*, ed altri generi in gran numero, vi sono largamente disseminati. I *Graptoliti* prendono il sopravvento nella parte inferioro della formazione, mostrandosi innumerevoli in certi schisti neri, ardesiaci, che soggiaciono al vero gruppo di Llandeilo.

366. Formazione di Caradoc. — Questa formazione (*Siluriano medio*) è rappresentata da un grès, che si scopre nella montagna di Caer Caradoc nel Shropshire. Ben distinto stratigraficamente, presenta, paleontologicamente, un carattere misto di *Siluriane* superiore e inferiore. I caratteri dell' *inferiore* prevalgono però, come lo mostrano, p. es., i *Pentamerus lævis* e *oblongus*, il *Tentaculites annulatus*, ecc., specie del *Siluriano inferiore*, abbondantissime nel *medio*.

367. Formazione di Wenlock. — Si divide 1.° in *Calcare*; 2.° in *Schisto*. Il *Calcare di Wenlock*, consta, presso Wenlock, di un calcare subcristallino, vero banco di coralli e di crinoidi. È concrezionare, nel senso però che le concrezioni di puro carbonato di calce hanno fin 25 metri di diametro, e sono circondate da roccia più o meno argillosa. I coralli appartengono al tipo paleozoico, e vi abbondano singolarmente l'*Halysites catenulatus*, la *Favosites Gothlandica* e l'*Omphyma turbinatum*. I *Crinoidi* ordinarî sono ricchi di specie, fra cui distintissimi i *Cyathocrinus*: scarsi sono invece i crinoidi cistoidi, fra i quali rimarco il *Pseudocrinus bifasciatus*. I trilobiti vi si mostrano colle forme più rimarchevoli dei *Phacops*, degli *Sphærexochus* e della famosissima *Calymene Blumenbachii*.

Gli *schisti di Wenlock* si possono dire una formazione contemporanea del *Calcare*, come quelli che rappresentano più costantemente il *Wenlock*; mentre il *calcare*, non altro probabilmente che un banco di coralli, vi si assottiglia sovente, e vi scompare. Gli *schisti* presentano una massa argillosa, dello spessore fin di 300 metri. I graptoliti, evidenti caratteristici dei fondi fangosi dei mari siluriani, vi sovrabbondano. Vi abbondano però anche i coralli, i trilobiti; nè vi fanno difetto i crinoidi, gli *Orthis* e gli *Orthoceras*.

368. Formazione di Ludlow. — Così nominata dalla città di Ludlow,

dov'è ben distinta ne' suoi tre membri, di cui eccovi un cenno. Caratteristiche dell' intiero gruppo sono la *Lingula cornea* e l'*Orthis elegantula*.

Ludlow inferiore. — Deposito argilloso, caratterizzato da certi grossi cefalopodi concamerati, dei generi *Lituites*, *Campulites* (Phragmoceras). Quanto alla forma esterna, il primo ci ricorda i *Crioceras* o gli *Ancyloceras*, il secondo i *Toxoceras*, che troveremo nei terreni cretacei; ma entrambi han le pareti semplici de' nautili. Sovra tutti caratteristico è l'*Orthoceras ludense*. In questo deposito stesso ci si presentano gli ultimi *Graptoliti*. Il *Graptolithus ludensis* è una vera sega lineare, quasi filiforme.

Calcare di Aymestry. — Calcare subcristallino, argilloso, di 15 metri di potenza, caratterizzato, presso Aymestry, dall' abbondanza del *Pentamerus Knightii* (fig. 40), conchiglia che passa alla zona seguente, e che caratterizza il *Siluriano inferiore* anche in *Russia*, nella *Svezia*, ecc. Del resto è ricchissimo di conchiglie, coralli, trilobiti, molti dei quali appartengono anche alle due zone sottoposte, cioè al *Ludlow inferiore* ed al *Calcare di Wenlock*.

Il *Ludlow superiore*, detto anche Tilestone (pietra da tegole), rappresenta un piano di transizione tra il devoniano e il siluriano. Specie caratteristiche sono: *Orthoceras bullatum*, *Bellerophon trilobatus*, *Chonetes lata*, ecc.

369. In quest' ultimo piano de' terreni siluriani si scoprono, a diversi livelli, di quei famosi *letti ad ossami*, di cui ebbimo a parlare nel capitolo IX (§ 245). Sono avanzi di pesci che li costituiscono. Denti, squame, in genere reliquie mal conservate, nelle quali però si riconobbero i caratteri dei placoidi (generi, *Onchus*, *Thelodus*, ecc.).

Eccovi i più antichi pesci che la paleontologia sia riuscita a risuscitare. Vogliate pur considerare il *Ludlow superiore* come base del *Devoniano* o come capitello del *Siluriano*, non indebolirete per nulla l' ideale di queste profondità *siluriane*, di quest' epoca immensa, durante la quale, negli oceani sconfinati, non apparve un solo di quegli esseri, pei quali gli oceani direbbersi creati; di un' epoca, a cui è ignoto il tipo de' vertebrati; di un' epoca, in cui le meraviglie della vita tutte si concentrano nei tipi infimi della creazione; in cui le creature terrestri più sublimi erano i granchi. Diremo di più: non riuscì finora alla scienza di scoprire nessun indizio di vita aerea o terrestre. Non un insetto, non un mollusco polmonato.... nemmeno un filo d' erba! È appunto nel *Ludlow superiore* che Hooker volle riconoscere, in certi corpicciuoli globulari, le spore di crittogame terrestri: più sotto nulla!... e poi quella determinazione è così dubbiosa....

Il *Grès* grigio, sottostante al deposito descritto, si decompone in una specie di fango. È zeppo di *Athyris navicula*, a cui si aggiungono *Avicula*, *Cardiola*, *Nucula*, *Modiola*, ecc.

370. I terreni silurinni, del paese di Galles, presentano approssimativamente uno spessore complessivo di 8000 metri. Sono sparsi largamente nella Scozia, nell'Irlanda e sul continente. In Svezia o in Norvegia hanno uno spessore di 300 metri, e ancor meno in Russia. Sono noti gli schisti e i grès di Pietroburgo, riferiti al Llandeilo. Contengono l'*Obulus Apollinis* e il *Siphonometra unguiculata*, non che alcune foraminifere, riferite da Ehremberg ai generi *Textularia*, *Rotalia*, *Guttulina*.

371. Venendo ora alla serie silurinna del Nord-America, potrà sembrare soverchia la rassegna, per quanto breve, di quei numerosi gruppi, distinti dai geologi di New-York. Ma io mi attengo al principio, che una serie sarà tanto più tipica, quanto più suddivisa; ben inteso che le suddivisioni abbiano un' esistenza e un valore reali. D' altronde un gruppo di tanto spessore parmi abbia bisogno di venire scomposto e studiato nelle sue parti. Il *Siluriano* rappresenta troppo più che un' epoca geologica, come è intesa e apprezzata universalmente: noi vi abbiamo una serie di epoche; assistiamo ad una serie di evoluzioni della vita tellurica; ad una serie di rivoluzioni del globo. Quelle evoluzioni e rivoluzioni, quanto più avvolte nelle tenebre di così immane antichità, tanto più destano viva quella curiosità scientifica che non tollera l' ignoto. Parmi che i recenti studi degli Americani abbiano singolarmente contribuito a diradarle. Abbiatevi sott' occhio lo *Specchio comparativo* (§ 347), ove i molti gruppi del siluriano d' America si succedono in guisa da mostrarsene i rapporti stratigrafici coi gruppi del siluriano d' Europa.

372. Trenton. — Il *gruppo di Trenton* è il più sicuro equivalente delle *ardesie di Llandeilo* (Llandoilo-flags). Presenta nel Nord-America due zone. La prima, superiore, è quella del *calcare di Trenton* o *calcare del Black River:* è difatti una zona calcarea, bene sviluppata nella gora a cascato, presso Trenton, nella Nuova York: lo si dà anche il nome di *calcare a occhi d'uccello* (Birdseye), per le macchie bianche, cristalline, di cui il calcare è sparso. La seconda zona, l'inferiore, è chiamata *calcare di Chazy*, dalla città di Chazy, nella regione occidentale del Lago Champlain.

373. Il *gruppo di Trenton*, considerato nel suo complesso, copre gran parte del continente, ad est del Mississipi e attorno alle montagne di Roccia, variando di spessore, secondo i luoghi; sicchè ne mostra da 100 a 300 piedi nel nord della Nuova York e nel Canadà; 800 alla Baja di S. Lorenzo; 300 ad ovest degli Appalachian; da 300 a 500 nella regione degli Appalachian, e in Pensilvania. Di fossili, profusione immensa. Molti strati non sono che ammassi di conchiglie, di crinoidi e di coralli. I brachiopodi e i trilobiti vi rigurgitano sopra tutti.

374. I coralli, appartenenti per lo più alla famiglia dei *Cyatophyllum*, dovevano, dice Dana, dare a quei fondi di mare l'aspetto di fioriti giardini. I diversi ordini di molluschi vi sono tutti rappresentati. Per la moltitudine e per la grandiosità delle specie vi trioufa il gruppo degli ortoceratiti (*Orthoceras*, *Ormoceras*, *Genioceras*, *Endoceras*, *Crytoceras*, *Lituites*, *Trocholites*, ecc.). L'*Endoceras proteiforme* era un ortoceratite della prodigiosa lunghezza di 10 a 15 piedi, sopra un piede di diametro massimo. Tra i crinoidi abbonda il gruppo delle Cistidee, rappresentato dai *Palæocrinus*, *Lecanocrinus*, *Pleurocystis*, *Malocystis*, ecc. Gli echinidi vi sono rappresentati dalle Asterie, volgarmente *stelle di mare* (*Palæaster*, *Tæniaster*). Dei trilobiti abbiamo gli *Asaphus*, *Calymene*, *Trinucleus*, *Agnostus*, *Illaenus*, ecc.; alcune specie sono gigantesche. Tra i brizoari contiamo le *Retepora* e le *Ptilodictya;* e tra i coralli le *Petraia*, i *Tetradium* e le gigantesche *Columnaria*. Masse di *Columnaria alveolata*, nel calcare del Black River, pesano da 2000 a 3000 libbre.

I graptoliti vi pajono assai scarsi. Nei brachiopodi abbondano i generi paleozoici, ma si rimarcano già le *Rhynconella* e le *Crania*, generi viventi.

Il regno vegetale si riduce a sole fucoidi del genere *Buthotrephis*.

375. Il gruppo di Trenton vanta molte specie del siluriano inferiore d'Europa. Dana cita le seguenti:

A. *Del Llandeilo-flags*. — Asaphus gigas, Trinucleus concentricus, Orthis striatula, O. lynx, Strophonema alternata, Leptæna sericea, Murchisonia bicincta, Bellerophon bilobatus, ecc.

B. *Degli strati equivalenti di Boemia*. — Trinucleus concentricus.

C. *Degli strati equivalenti di Russia e Scandinavia*. — Orthis lynx, O. striatula, Bellerophon bilobatus.

Notisi poi, in genere, una meravigliosa rassomiglianza tra le due faune, l'europea e l'americana.

376. Hudson. — Il *gruppo di Hudson* si dilata esso pure immensamente nel Nord-America: Nuova York centrale, Canadà, Lago Ontario, Lago Huron, Michigan, Wisconsin, Jowa, Sud-Ohio, Kentucky, Tennessee, Illinois, Missouri, ecc. Si divide in due zone. La superiore è costituita dagli *schisti e calcari di Utica*, gruppo di schisti sovente bituminosi e carboniosi in eccesso, a cui accidentalmente si associano calcari. Spessore di 300 a 700 piedi. L'Utica è zona poverissima di fossili. La zona inferiore comprende gli *schisti dell'Hudson River*, dello spessore di 1000 a 1600 piedi, ricchissimi di fossili.

377. Il complesso dell'Hudson rappresenta, secondo Dana, un periodo di mare fangoso. I *Graptoliti* predileggevano appunto tali fondi, e l'Hudson ne è veramente il regno, sicchè talora la superficie degli schisti è inte-

ramente coperta di quelle delicatissime spoglie. Appena però si mostri il calcare, i coralli ripullulano, e loro si aggiungono i trilobiti, fra i quali si rimarca il mostruoso *Asaphus megistos*, largo un piede, o lungo quasi due.

L'*Hudson* offre le seguenti specie caratteristiche:

Polipai	*Crinoidi*
Favistella stellata	Glyptocrinus decadactylus
Halysytes gracilis	*Acefali*
Syringopora obsoleta	Avicula demissa
Tetradium fibrosum	Modiolopis modiolaris
Acalefi	Orthonota parallela
Graptolithus priscus	*Trilobiti*
	Thriarthrus Beckii.

378. Niagara. — Il *Gruppo del Niagara* si divide in quattro zone, che si succedono, in serie discendente, così: 1.° *Niagara* propriamente detto; 2.° *Clinton;* 3.° *Medina;* 4.° *Oneida.* La prima zona soltanto si ritiene equivalente della *Formazione di Wenlock* (§ 367); mentre le altre tre equivalgono al *Siluriano medio,* ossia alla *Formazione di Caradoc* (§ 366).

379. *Niagara propriamente detto.* — Consta di schisti e di calcari; ma si può definire una formazione eminentemente calcarea, prodotta in seno alle acque limpide e aperte, ove i coralli e i crinoidi trovarono un ambiente favorevolissimo al loro sviluppo. Il tipo di questa zona si scopre alle celebri cascate del Niagara, da cui l'intero gruppo trasse il nome. Vi ricorderete che un sottostrato argilloso, formante la base della roccia, da cui le cascate precipitano, è la causa principale del loro rapido arretramento.[1] Infatti la zona siluriana in discorso vi consta superiormente di un calcare, dello spessore di 85 piedi; inferiormente di schisti, della potenza di 80 piedi. I banchi calcarei sono pretti banchi di corallo, attorno a cui si addensano i crinoidi, o si pigia un mondo di brachiopodi, di acefali, di grandi ortoceratiti e di trilobiti. Partendo dalle cascate, la zona del Niagara si dilata, quant'altre mai, nel continente del Nord-America.

Dalle regioni del Mississipì, degli Appalachian, della Pensilvania, ove presenta fino 1500 piedi di spessore, della Virginia, ecc., detta zona si spinge fino alla Baja di Hudson, per dilatarsi nelle regioni artiche, ove fu scoperta tra il 72° e il 76° di latitudine nord, ancora co' suoi coralli, ancora coi fossili del *Siluriano superiore.*

[1] *Dinamica terrestre,* Parte prima, § 205.

Diverse specie sono communi all' Europa:

Leptocœlia disparilis	Spirifer niagarensis
Atrypa nodostriata	» sulcatus
Orthis bilobus	Calymene Blumenbachii.

Come caratteristiche abbiamo le seguenti:

Polipai e Amorfozoari

Stromatopora concentrica	Favosites niagarensis
Conophyllum niagarense	Halysytes catenulata.

Briozoari

Fenestella (molte sp.).

Gasteropodi

Platyostoma niagerensis Platyceras angulatum.

Crinoidi	*Brachiopodi*	*Trilobiti*
Icthyocrinus lævis	Strophonema rugosa	Dalmania limulurus
Caryocrinus ornatus	Leptæna transversalis	Lichas Boltoni
Stephanocrinus angulatus	Merista nitida	Homalonotus delphinocephalus.
	Pentamerus interplicatus	
	Rhynconella cuneata	

Acefali

Avicula emacerata.

380. *Clinton, Medina, Oneida.* — Il *gruppo di Clinton*, la prima delle tre zone equivalenti al *Caradoc* d' Europa, consta di arenarie schistose e di schisti, con intercalamenti calcarei. I calcari prendono anzi il sopravvento nel Michigan. Lo spessore varia dai 200 ai 2000 piedi, ed ha a un dipresso l'estensione del precedente. I fossili vi abbondano estremamente. Anche qui i calcari sono veri banchi di corallo. Ci abbattiamo, per l'ultima volta, nei brachiopodi del genere *Chonetes* e nei graptoliti. Del resto molluschi d' ogni ordine, trilobiti, crinoidi, ecc. Specie caratteristiche sono le seguenti:

Polipai

Zaphrentis bilateralis.

Acalefi

Graptolithus clintonensis.

Brizoari

Fenestella prisca?

Brachiopodi

Pentamerus oblungus
Chonetes cornuta.

Acefali

Avicula romboidea.

Gasteropodi

Cycloneme cancellata.

Ha communi col *Siluriano inferiore: Orthis Lynx, Leptæna sericea, Bellerophon bilobatus.*

Ha communi coll' Europa: *Orthis Lynx, Chonetes cornuta, Atrypa reticularis, A. hemisphærica, Spirifer radiatus, Pentamerus oblongus.*

Una delle specialità del gruppo di Clinton è l'estrema abbondanza delle alghe marine, tra le quali assai caratteristico il *Rusophycus bilobatus.*

Le due successive zone poco presentano di interessante. Il *Medina* consta di arenarie argillose e di marne rosse, grigie, variegate, del complessivo spessore di 350 a 1500 piedi. I fossili vi sono scarsissimi: alghe marine, frammenti di crinoidi, scarse conchiglie. La *Lingula cuneata* però vi copriva vaste estensioni. Ancora più deserto è l'*Oneida*, conglomerato di ciottoli di quarzo, con arenarie e sabbie grossolane, formanti il terreno superficiale della Nuova York centrale, nelle contee d'Oneida, di Oswego, del Lago Ontario a ovest, stendendosi negli Appalachian, nella Pensilvania, nella Virginia, ecc. Lo spessore è di 20, di 120 e fin di 700 piedi. Sole fucoidi, ossia alghe marine, e scarse conchiglie indeterminate.

381. Salina. — Nel *gruppo salino di Onondaga* abbiamo un complesso di schisti, di marne, di grès marnosi, di conglomerati e di calcari impuri. Tutto vi accusa acque torbide e salate in eccesso, che vi rendevano assai povera la vita. Scarsi vi sono quindi i fossili, fra i quali si indicano il *Megalomus canadensis* tra gli acefali; il *Pentamerus occidentalis* tra i brachiopodi; una *Murchisonia* tra i gasteropodi; un *Orthoceras* tra i cefalopodi.

Il *Gruppo salino* ha presso a poco l'estensione del precedente negli Stati-Uniti e nel Canadà. Varia moltissimo di spessore, e mentre ne ha da 700 a 1000 piedi nell' Onondaga, non ne ha che pochi piedi nell' Hudson. Il gruppo dei grès e delle marne salifere è sopportato, nel Canadà, e alle cascate del Leclaire, nell'Jowa, da una formazione calcarea. Da ciò la divisione del gruppo salino in due zone: *Salifero* e *Leclaire.*

382. Helderberg inferiore. — Trattasi di una formazione calcarea, deposta in acque limpide, profonde, piene di vita. Essa è sviluppatissima nelle montagne dell' Helderberg, a sud di Albany, e si estende largamente negli Stati-Uniti: New-York, Ohio, Missouri, Tennessee, Canadà, Hudson, New-Jersey, Maryland, Virginia, ecc. Ha uno spessore di 200 a 500 piedi, e potrebbe suddividersi in diverse zone, caratterizzate da diverse specie di fossili. Nel complesso si noverano almeno 300 specie di animali, alcune delle quali discendono più basso fin nel *gruppo del Niagara.* Vi abbondano bellissimi coralli, fra i quali troviamo per la prima volta i curiosi coralli a catena del genere *Halysites.* Ai coralli si aggiungono i crinoidi del gruppo delle *Cistidee* e gran numero di brachiopodi e di trilobiti. L'ordine dei crostacei offre anche, nell'*Eurypterus remipes,* prossimo allo *Pterygotus* d' Inghilterra, un granchio provvisto di larghe

zampe articolate; forse il più antico che ricordi i granchi attualmente viventi, avvicinandosi fra questi al genere *Sapphirina*.

Darò per questo, come pei gruppi seguenti, una lista di fossili caratteristici abbastanza copiosa, togliendola dal Dana. Credo sia il modo più breve per mostrare, da una parte la varietà e la ricchezza delle singole faune, dall'altra le successive evoluzioni della vita animale.

Crinoidi
Apiocystis Gebhardi.
Brachiopodi
Strophonema radiata
Pentamerus galeatus
Eatonia singularis
Spirifer macropleurus
Merista lævis.
Pteropodi
Tentaculites ornatus.

L'*Heldelberg inferiore* si ritiene equivalente del *Ludlow* d'Europa (§ 368), al quale andrebbe riferito anche il gruppo seguente.

383. Il siluriano è un'epoca immensa di vita primitiva, di cui non possiamo ancora abbastanza nè svolgere il concetto, nè abbracciare i confini. Quest'epoca presenta una serie di periodi, ciascuno dei quali è talmente lungo, che, in confronto, i millennî della storia e dell'archeologia non rappresentano che una tenue frazione. Chi può dire tutte le meraviglie di quell'epoca lontanissima, e indovinare quelle che ci riveleranno gli studî futuri? È certamente lo studio delle faune primitive che ci deve portare più presso alla soluzione del grande problema delle evoluzioni della vita sulla superficie del pianeta. Ma il tanto che noi conosciamo degli abitatori dei mondi primitivi è un nonnulla in paragone di quanto ci rimane a conoscere. Se in meno di venti anni i Cefalopodi del siluriano crebbero da 114 a 1622 (§ 351), quale cifra smisurata non dovrà toccare l'intera fauna siluriana, quando tutte le regioni siluriane del globo ci siano note, quanto, p. es., ci è nota la Boemia per gli studî di Barrande. Noi possiamo tuttavia anche ora, sui primissimi tratti della storia meravigliosa di quell'epoca, stabilire alcuni fatti generali, in cui si riassume quanto allontana i mondi passati dai mondi presenti, e quanto li avvicina: fermo sempre il concetto della immutabilità delle leggi della natura, per cui il presente non è che la continuazione del passato, lo sviluppo di una grande evoluzione del creato, la progressiva attuazione di un gran piano, di cui Dio soltanto conosce il principio e la fine. Le seguenti conclusioni riguardano l'epoca siluriana, ossia la serie dei terreni che la rappresentano, esclusone soltanto il *Ludlow superiore*, come quello il quale ha tali rapporti coll'epoca seguente, che gioverà meglio considerarlo più tardi come il principio di essa.

384. Troviamo anzi tutto che la vita è, direbbesi, al parossismo nell'e-

poca siluriana. La fauna cambriana ci appare debole e scarsa nei mari presso che ancora deserti. I mari siluriani invece formicolano di viventi como al presente. Conchiglie di mille forme, banchi di corallo, svariati echinidi, numerosi crostacei, potenti di molo e varî di forma, si condensano in un popolo marino infinito, e le generazioni si succedono, s' incalzano senza posa, e dal cumulo immenso delle loro spoglie nascono quelle masse rocciose destinate a emergere un giorno in forma di monti e catene di monti.

385. Ma in mezzo a quelle infinite generazioni noi cerchiamo invano un solo rappresentante di quei tipi di una organizzazione superiore, che dominano attualmente del pari i continenti e gli oceani. Tutti gli animali siluriani si arrestano ai primi gradini della scala della perfezione organica. Anzi alcuni tipi di invertebrati, p. es. gl' insetti, cercaronsi invano finora. Alcuni tipi degli stessi invertebrati ci meravigliano ancora colla loro povertà; e si badi bene che non sono nemmeno i più perfetti tra gl'invertebrati, p. es. i Gasteropodi. Anzi taluni appartengono agli infimi, p. es. gli Amorfozoarî. Diversi gruppi di invertebrati, benchè assolutamente marini, non vantano nemmeno un precursore siluriano, p. es. gli Echinidi. Forse si troveranno più tardi; tuttavia, mano mano che gli studî progrediscono, si rende più improbabile il rinvenimento dei gruppi mancanti. Dovessimo pure del resto trovare un giorno un echinido, un insetto, se vuolsi anche un pesce, un rettilo; sarà forse per ciò, non dirò riempito, ma appena diminuito l'immenso vuoto che ci rivela il mondo siluriano in confronto del mondo attuale?...

386. La paleontologia, che limita il mondo siluriano agl' invertebrati, restringe questi ai gruppi marini. Essa non ci svela allo sguardo altro che mari, immensi mari senza confini. In tanta angustia tuttavia quanta larghezza! Quanta ricchezza in tanta povertà! Gli animali siluriani appartengono ai tipi più bassi; ma quanta molteplicità di tipi, quanta varietà di specie, quanta potenza di molo, quanta copia di individui! Il mondo siluriano è animatissimo, e la gran macchina non patisce al certo difetto di quelle forze biologiche, le quali hanno tanta parte ne' suoi movimenti.

387. Se poi la paleontologia non ci rivela immediatamente che mari e organismi marini; non è a dire per ciò che manchino i continenti. I continenti esistono, e lo argomentiamo, come già pel cambriano (§ 339), dai detriti che attingono lo spessore di tante migliaia di metri, e, più che pel cambriano (§ 340), dalla esistenza di tanti animali marini, principalmente di quei banchi sterminati di coralli, di quelle vergini foreste di encrini, la cui vita è condizionata alla esistenza dei continenti.

388. Se esistevano i continenti, si può ugualmente asserire che esistessero animali terrestri? La paleontologia, come abbiamo veduto, non ce lo

consente. Veramente non ha per sè che argomenti negativi. Anche nelle epoche, in cui, come vedremo più tardi, la vita terrestre è positivamente affermata dalle reliquie organiche di animali terrestri, noi troviamo depositi immensi, intere regioni, che non ne offrono il minimo indizio. Potrebbe darsi ugualmente che, in qualche nuova località, ci si presentassero degli animali terrestri dell'epoca siluriana. Io credo tuttavia la cosa improbabile. Pei terreni siluriani l'abbondanza degli argomenti negativi è tale, che si risolvono, per dir così, in un argomento positivo. In tanti detriti d'indole littorale, in tanti letti di arenarie e di schisti, cioè di sabbie e di fanghi deposti probabilmente nei grandi estuarî dell'epoca, nei depositi stessi accumulati nei mari interni, quali sarebbero p. es. quelli del *Salina* (381), perchè non si sarebbe mai rinvenuto un sol dente, una sola orma di un anfibio, o di un animale terrestre qualunque, travolto in mare da una corrente? vedremo invece come più tardi, già, p. es., nel periodo carbonifero, più ancora nei torreni del trias, del giura, della creta, l'abbondanza delle reliquie d'animali terrestri, segna là appunto gli estuarî, o i depositi littorali specialmente dei mari interni. Se nei depositi siluriani non si rinvennero mai, in nessuna roccia, in nessuna località, indizî di animali terrestri, bisogna dire che animali terrestri non esistessero in quell'epoca.

389. Parlo di animali terrestri, poichè l'esistenza di piante terrestri ci venne già attestata dall'esistenza di letti di combustibile fossile fino dall'epoca protozoica (§ 288). Sottili strati di carbon fossile si trovano in America, come riferisce Dana, tanto negli strati di Potsdam, quanto in quelli di Hudson. Le terre dunque esistevano nel siluriano: erano già coperte di un ammanto di verzura, ma erano terre spopolate. Non urlo di fiera, non canto di uccello, non sibilo di serpente, nemmeno un ronzio d' insetto rompevano la monotonia di quei giorni così splendidi, eppure così silenziosi. Il mortale silenzio, che involgeva la terra, non era rotto che dal fragore dell' onde, dal sibilo dei venti, dallo scroscio della tempesta.

390. Mentre la vita siluriana si arrestava ai primi gradini della scala del perfezionamento organico, faceva però conquista, entro questi limiti, di nuovi tipi. Vorremmo conoscere se i nuovi tipi appunto la facessero ascendere qualche gradino di più sulla scala del perfezionamento organico, come vorrebbe la teorica della lotta per la vita. [1] Per sventura nessun tipo

[1] La teorica darviniana, che deriva i tipi più alti dai più bassi, mediante la continua, progressiva trasformazione delle specie, riconosce in questa *lotta per la vita*, in questo conato degli animali verso un migliore benessere, il motivo principale per cui i primi tipi, che son anche (tutt'altro però che a rigore di termini) i più bassi, hanno raggiunto, per una serie infinita di trasformazioni, quell'altezza, ove sono collocati attualmente i vertebrati, e più di tutti i mammiferi, compreso l' uomo, come i darvinisti non temono asserire.

siluriano sovrasta ai crostacci preesistenti. I tipi che si aggiungono o, meglio, si sviluppano, sono tipi più bassi. È un gran fatto questo (considerandolo in rapporto colla teorica darviniana) che, se cerchiamo quale tipo possa dirsi veramente nuovo, quale tipo dia una specialo impronta all'epoca siluriana, quale distingua in via assoluta la fauna siluriana dalla primordiale, questo è il tipo dei coralli. Quella forza, qualunque ella sia, che aveva già popolati i mari di molluschi d'ogni classe e di crostacei, quasi ripiegandosi sopra sè stessa in luogo di spingersi oltre, scendendo, invece di salire, di molti gradini la scala del perfezionamento organico, consegna i mari ai coralli.

891. Del resto, se l'epoca siluriana ci presenta un grande spettacolo di vita, ci offre d'altra parte un grande spettacolo di morte. Se osserviamo i diversi piani, ciascuno di essi ci presenta lo spettacolo di una nuova creazione. Ma la nuova fauna soppianta l'antica. L'ultimo strato siluriano è una gran pietra sepolcrale, sotto la quale sono sepolte mille e mille generazioni. Nessuna specie siluriana vanta un superstite, quando spunta l'aurora dell'epoca devoniana. A questo alternare di vita o di morte noi assistiamo per tutto il volgere delle epoche geologiche, dalla prima ora dell'animalizzazione, fino all'ora in cui viviamo, circondati da una fauna che già, per troppi argomenti, è in via di spegnersi.[1] Noi possiamo per la prima volta segnalare questo gran fatto, questo fatto, sul quale si aggira, come sopra un perno, la geologia, che le faune si rimutarono continuamento sulla superficie della terra, succedendosi le une alle altre, spegnendosi una prima per dar luogo a una seconda, questa a una terza, e così via via, con tal legge ferale, che l'esistenza di nessuna fauna non potè in genere oltrepassare i limiti che si assegnano a un periodo geologico. I tipi di una fauna spenta rinascono nella fauna che si avviva; ma sempre sotto le forme di nuove specie, spesso di nuovi generi. È una legge che ha poche eccezioni, forse nessuna, se si confrontano fra loro i grandi complessi di terreni, cioè le grandi epoche. Nessuna specie siluriana, p. es., riappare nell'epoca devòniana. Essa legge tuttavia soffre delle eccezioni, se si confrontano fra loro i piani antecedenti coi piani immediatamente conseguenti, e le eccezioni diventano tanto maggiori, quanto più suddividiamo i termini di confronto, limitandoci pur sempre al confronto fra un terreno antecedente o un altro immediatamente conseguente. Se mi sono bene espresso, intenderà il lettore come nè l'apparizione nè l'estinzione delle faune siano fenomeni repentini, e che si succedano a lunghi

[1] Studiando a suo tempo il periodo antropozoico, vedremo come un buon numero di specie, che vissero compagne dell'uomo, sono già scomparse dalla faccia della terra.

periodi di intermittenza. Non è vero insomma, come pensava d'Orbigny, che un'êra di morte separi due creazioni successive; che le faune fossero create, quasi d'un getto, al principio di un periodo, e spente d'un tratto alla fine dello stesso periodo. Le faune si mostrano e si sviluppano successivamento, gradatamente, como successivamente e gradatamento si spengono. Di questo modo troviamo, che alcnne specie passano da un periodo all'altro, e queste specio unificano le snccessivo formazioni di un'epoca, como gli anelli unificano i brani di una catena. L'epoca siluriana stessa, benchè distinta in periodi, non lascia di presentarsi nnificata da un bnon unmero di specie communi a diversi piani. La formazione del *Llandovery* in Inghilterra, collocata nel siluriano superiore, offre da 40 a 50 specio, che si trovano ancho nell'inferiore. L'*Atrypa reticularis* trascorre tutti i piani siluriani.

392. Il rinnovamento dolle faune è un fatto che può dirsi assoluto per rapporto alle specie, che, spente, non rinascono mai. Ho detto tuttavia che, nella fauna conseguente, rinascono sotto le forme di nuove specie o di nuovi generi, i tipi della fauna antecedente. Così vodiamo i generi *Lingula* e *Nautilus*, dopo l'estinzione della fauna primordiale, riapparire in forma di nuove specie nolla fauna siluriana, e così via via, finchè si mescolano, sotto forme specifiche nuovissime, alla fauna vivente. Così il tipo dei *Trilobiti*, proprio della fauna primordialo, risorgo, anzi si sviluppa, con buon numero di generi nuovi, nella fauna siluriana. Ma questo rinascimento dei tipi è tutt'altro che un fatto universale o costante. Vi sono dei tipi anche di generi, la cui vita continuò dal principio del cambriano fino all'epoca nostra, come appunto i due tipi generici *Lingula* e *Nautilus*. Vi sono invece dei tipi, ancho di famiglie e di classi, i quali si spengono dopo un giro più o men breve di loro esistenza, per non ricompariro mai più. La fnuna siluriana ci presenta già un tipo di classe, che vi prospera in un modo singolare, eppnre vi si spegne per sempre. I *Graptoliti*, signori dei mari siluriani, non videro nemmeno l'aurora del periodo devoniano.

393. Considerando ora le faune siluriane nei rapporti colla natura degli strati, ci risnlta qnest'altro gran fatto, che allora, come poi, come al presente, la distribuzione, anzi l'esistenza dei divorsi gruppi di organismi erano condizionate alla natura degli ambienti. Allora, come adesso, i coralli abitavano l liberi mari, le acque limpide, tenendosi lontani dai lidi, ovo i detriti intorbidavano le acque. I banchi di coralli appartengono esclusivamento alle formazioni calcaree; anzi son essi i generatori dei calcari. Altri organismi invece non potevano vivere cho sui vasti littorali, prediligendo le acque torbide o fangose. Se più non vivono i *Gaptoliti*, la loro costante giacitura negli schisti dice appunto che essi erano de-

stinati ai fondi fangosi. Prendendo qnesti dne gruppi come rappresentanti di dne faune, o contemporanee o successive, cioè di una fauna corallina abitatrice di liberi mari, e di nna fauna graptolica amica dei littorali fangosi, troviamo:

1.° cbe nella stessa epoca o nello stesso periodo le faune variano nel senso suddetto, col variare degli ambienti;

2.° cho nolle diverse epoche, e nei periodi diversi, le faune successive si ripetono (sempre con diverso specie ma cogli stessi tipi di generi, di famiglie, di classi o di ordini) col ripetersi di ugnali ambienti. Sempre colle formazioni calcaree riappaiono i coralli, i crinoidi e tutti gli animali caratteristici delle fanne coralline, così riccbe in tutti i tempi: sempre cogli schisti riappajono i graptoliti cogli organismi amici dei fondi fangosi.

394. Ecco nn primo esempio in prova del primo punto. Gli strati del Llandeilo (siluriano inferiore) sono contemporanei degli strati di Trenton e di Hndson. Il siluriano inferiore di Europa potrebbe litologicamente dividersi, come il siluriano inferiore d'America, in dne gruppi: nn gruppo calcareo, superiore in Enropa, inferiore in America; e nn gruppo scbistoso, inferiore in Europa, superiore in America. Infatti il gruppo superiore d'America, cioè l'Hndson, presenta un ammasso di scbisti, mentre nel sno equivalente in Europa dominano i calcari. Il gruppo inferiore invece, cioè il Trenton, è calcarco in America, mentre il suo equivalento è scbistoso in Europa. Ai liberi mari del Llandeilo superiore corrispondevano i bassi fondi dell'Hudson; o ai bassi fondi del Llandello inferiore corrispondevano i liberi mari del Trenton. Or bene, a questa vicenda fisica e litologica tien dietro la vicenda zoologica: gli scbisti inferiori del Llandeilo rignrgitano di *Graptoliti*, mentre i calcari del Trenton sono banchi di crinoidi e di coralli; e mentre nell'America si dcponovano i fanghi graptolitici dell'Hudson, i coralli fabbricavano i calcari del Llandeilo snperiore.

395. Un altro esempio a riprova del primo punto. Il siluriano medio in Europa consta di calcari e di schisti, i quali si deponevano contemporaneamente; sicchè cessa lo scbisto ove comincia il calcare, o cessa il calcare ovo comincia lo scbisto. Or bene: col cessare degli schisti cessano i graptoliti o subentrano i coralli; e col cessare dei calcari cessano i coralli o subentrano i graptoliti. Intanto si stendeva sull'America il libero mare del *Niagara*, nel cni seno crescevano rigogliosi qnei banchi di corallo, cbe si ammirano quasi ancor vivi ne' dintorni della celebre cascata.

396. Vogliamo ora nn esempio in prova del secondo pnnto? Il siluriano d'America è, quanto si può dire, efficace a stabiliro i rapporti costanti fra la natura delle faune o la natura degli ambienti. Nel snccedersi dei periodi, col rimntarsi dell'abitato si mntano gli abitatori: col rinnovarsi di quello,

questi ritornano. L'epoca siluriana si apre in America coi liberi mari del Trenton, ed ecco vi prosperano i coralli ed i crinoidi, e vi si stabilisce una di quelle faune coralline, che furono in ogni tempo una meraviglia di varietà e di ricchezze. Il libero mare diventa una regione di littorali fangosi nel periodo dell'Hudson, ed eccovi i graptoliti. Ma ai littorali fangosi dell'Hudson succedono i liberi mari del Niagara, e immediatamente vi ripullula, vi cresce, vi giganteggia la fauna corallina. Quel libero mare si converte probabilmente in un mare interno dalle acque torbide e salate in eccesso: e gli strati del *Salina* mostrano come, quasi totalmente, vi si spegnesso la vita. Ma coll' Helderberg inferiore ritorna il libero mare, e ritornano i coralli, ritorna la fauna corallina, rinnovando in seno alle onde quello spettacolo di vita, onde fu così brillante il periodo del Niagara.

397. Se passiamo ora ad osservare le faune sotto i rapporti della loro distribuzione geografica, risultano due grandi fatti, caratteristici del periodo siluriano e di tutta l' epoca paleozoica. Il primo fatto si esprime colle parole *universalizzazione della vita.* I mari siluriani, dalle regioni ora bollenti dell' equatore alle regioni ora gelate del polo, rigurgitavano di viventi. Il secondo gran fatto lo esprimeremo colle parole *universalizzazione delle faune.* Questo fatto è eminentemente caratteristico delle epoche antiche, perchè precisamente contrario a quello che caratterizza l'epoca attuale, cioè all' *accantonamento delle faune.* Da questi due fatti risulta, come necessaria conseguenza, un terzo, cioè l' uniformità del clima nelle diverse regioni, e sotto le diverse latitudini del globo.

398. È meravigliosa quella fisonomia costante che presenta la fauna siluriana in tutte le regioni del globo. In Europa, come in America, in Asia e in Africa, come in Australia, sotto i tropici, come entro il cerchio glaciale, sempre ci occorrono gli stessi generi, quando non si incontrino le stesse specie. La fauna siluriana, forse più ancora della devoniana e della carbonifera, rende testimonianza a quella uniformità di clima e a quella universalità di faune, che divengono altrettanto più caratteristiche di un' epoca, quanto più questa si allontana dall' epoca attuale. Nessun limite si direbbe imposto alle specie, che, spaziando nei liberi mari dell'Europa e dell'Asia, signoreggiavano al tempo stesso i mari di America. Dall' equatore ai poli, lo stesso cielo, lo stesse tepide acque. È un fatto, che le specie marine della Spagna, della Francia e dell' Inghilterra potevano impunemente spingersi fin sotto le latitudini della Russia, degli Urali, dell'Altai, della Siberia. Le specie trovate tra il 30° e il 45° di latitudine nel Nord-America, si rinvennero tra il 65° e l'80° nelle regioni artiche. Hayes, nel suo viaggio verso il polo artico nel 1860-61,

scoprì i fossili del siluriano superiore (Helderberg inferiore) verso l'81° di latitudine nord. Ed ancora tali limiti sono imposti piuttosto dallo stato in cui è la scienza, che dal fatto. Quali studî, per vero dire, si fecero finora, o al dissotto del 30° verso l'equatore, o al dissopra dell' 81° verso il polo?

399. Il *Manuale* di Dana è ricco di documenti in proposito. Abbiamo in primo luogo una doppia lista di specie, dei periodi del *Niagara* e dell'*Helderberg inferiore*, le quali possono dirsi cosmopolite, abbracciando, oltre il Nord-America, l'Inghilterra, la Francia, la Spagna, la Germania (Eifel, Boemia), la Scandinavia (Svezia, Norvegia, Gothland), la Russia (Urali, Altai). Questo documento è troppo importante per la teorica per non venir qui riprodotto.

	Nord America	Spagna	Francia	Germania	Inghilterra	Scandinavia	Russia
A *Specie del Niagara.*							
Halysites catenulata	+	—	—	+	+	+	+
Heliolites pyriformis	+	—	+	+	+	+	+
Stromatopora concentrica	+	—	—	+	+	+	+
Limaria fruticosa	+	—	—	—	+	—	+
» clathrata	+	—	—	—	+	—	+
Ichthyocrinus laevis	+	—	—	—	+	—	—
Eucalyptocrinus decorus	+	—	—	—	+	—	—
Ortis elegantula	+	—	—	—	+	+	—
» hybrida	+	—	—	—	+	—	—
» biloba	+	—	—	—	+	+	—
Orthis flabellulum	+	—	—	—	+	—	—
Leptaena transversalis	+	—	—	—	+	+	—
Strophamena rugosa	+	+	+	+	+	+	+
Spirifer crispus	+	—	—	—	+	+	—
» radiatus	+	—	—	—	+	—	—
» sulcatus?	+	—	—	—	+	—	—
Atrypa reticularis	+	—	—	+	+	+	+
Merista nitida	+	—	—	—	+	+	—
Rhynconella bidentata	+	—	—	—	+	—	—
» cuneata	+	—	—	—	+	+	—
» plicatella	+	—	—	—	+	—	—
Rhynchospira aprimis	+	—	—	—	+	—	+
Pentamerus brevirostris	+	—	—	—	+	—	—
» interplicatus	+	—	—	—	+	—	—
Orthoceras implicatum	+	—	—	—	+	+	—
» virgatum	+	—	—	—	+	—	—
» ungulatum	+	—	—	+	+	—	—
Illaenus barriensis	+	—	—	—	+	—	—
Phacops limurulus	+	—	—	+	+	+	—

	Nord America	Spagna	Francia	Germania	Inghilterra	Scandinavia	Russia
Ceraurus insignis	+	—	—	+	—	—	—
Calymene Blumenbachii	+	—	+	+	+	+	—
Homalonotus delphinocephalus	+	—	—	—	+	—	—
Proëtus Stokesii	+	—	—	—	+	—	—
B. *Specie dell'Helderberg inf.*							
Strophomena rugosa	+	+	+	+	+	+	+
Atrypa reticularis	+	—	—	+	+	+	+
Dalmania nasuta	+	—	—	—	+	+	+
Eurypterus remipes	+	—	—	—	—	—	+
Pentamerus galeatus	+	—	—	+	+	—	—

400. Una seconda lista importantissima offre le specie del siluriano superiore, scoperte nelle regioni artiche, e sparse in ben più meridionali latitudini in Europa. Sono per buona parte già indicate come scoperte negli Stati Uniti, e in genere nelle regioni temperate del Nord-America.

	Reg. Artiche	Francia	Belgio	Eifel	Inghilterra	Scandinavia	Russia
Halysites catenulata	+	—	—	—	+	+	+
Favosites Gothlandica	+	—	—	—	+	+	—
» polimorpha	+	+	+	+	+	—	—
Stromatopora concentrica	+	—	—	+	+	—	—
Receptaculites Neptuni	+	+	+	+	+	—	+
Orthis elegantula	+	—	—	—	+	+	+
Atrypa reticularis	+	—	—	—	+	+	+
Pentamerus conchidium	+	—	—	—	—	+	—
Rhynconella sublepida?	+	—	—	—	—	—	+
Encrinurus lævis?	+	—	—	—	—	+	—
Leperditia baltica	+	—	—	—	—	+	—

401. Altri documenti, riportati dal Dana, provano l'universalizzazione delle specie e l'uniformità del clima, non solo del *Siluriano superiore*, come vedemmo, ma anche dell'*inferiore*. Le specie seguenti, del *Siluriano inferiore*, come si incontrano nelle regioni più meridionali del Nord-America, nel Tennessee e nell'Alabama, tra il 30° e il 35°; così si scoprono

nelle regioni più settentrionali, presso il Lago Winnipeg, tra il 50° e il 60°. — *Strophomena alternata, Leptæna sericea? Maclurea magna, Pleurotomaria lenticularis? Calymene senaria, Chætetes lycoperdon, Receptaculites Neptuni.* — Anzi il *calcare di Trenton* mostrasi, co' suoi fossili caratteristici, nelle regioni dei ghiacci artici, nell'isola King William's, nel Nord-Somerset, nella Boothia, tra il 60° e il 75° di latitudine. Anche in quei paraggi di morte vivevano, nell'epoca siluriana, le specie delle più temperate latitudini dell'America settentrionale e dell'Europa: *Chætetes lycoperdon, Orthoceras moniliforme, Receptaculites Neptuni, Ormoceras crebrisetpum, Huronia vertebralis.*

402. Uniforme era il clima: ma di quale natura? Indubbiamente tropicale o sub-tropicale. — Lo attestano i banchi di coralli e le selve di crinoidi, per cui le artiche regioni presentavano quello spettacolo di cui al presente non possono vantarsi che le bollenti regioni dell'equatore. E quali erano in quei tempi le condizioni vitali? Io credo che il mondo siluriano, sotto questo rapporto, non era molto differente dal mondo attuale. Se i coralli attestano liberi mari, ci dicono del pari aure pure e cieli sereni. I coralli della zona torrida non chieggono soltanto onde cariche di sali; ma aspettano impazienti i raggi del sole, che, sveglinndo le brezze, sollevino al cielo i vapori, ammanendo agli abitatori del mare un'acqua più carica di elementi vitali.

403. Perchè dunque ancora non appajono gli animali superiori? Dove vivevano i coralli, perchè non potevano vivere i pesci, a cui i coralli al presente offrono un'esca così ghiotta e così abbondante? Se i liberi mari erano percorsi dai mostruosi trilobiti e dagli immani cefalopodi, perchè non lo erano ancora dai delfini e dalle balene? — Per la scienza geologica è un mistero!

404. Quella vicenda di liberi mari e di bassi fondi, di calcari e di schisti nell'uno e nell'altro mondo è una prova evidente, che la superficie del globo era soggetta a continue oscillazioni, a quell'alto o basso, che rimutò tante volte, ed è in via ancora di rimutare, i mari e i continenti. Dove il fondo si abbassava, si apriva il libero mare: e vi si addensava la fauna corallina; dove il fondo si alzava, si stabilivano littorali fangosi, e vi accorrevano i graptoliti.

405. Ma in mezzo a queste continue oscillazioni, l'abbassamento la vinceva sul sollevamento. L'esito finale è un abbassamento enorme che caratterizza l'epoca siluriana, come ha caratterizzato l'epoca cambriana. Sugli strati cambriani già sepolti si leva una pila di strati dell'altezza di 14000 piedi: e questa pila doveva servire di base agli strati devoniani e a quelli deposti in tutte le epoche posteriori. Gli strati siluriani dovettero dunque

sprofondarsi tanto, che noi saremmo ora obbligati a cercare le reliquie di quell'epoca nelle ime viscere della terra, se le aree nostre continentali non si fossero, con contraria mossa, sollevate in epoca recente, come si sprofondarono nelle epoche antiche. Io non credo, che in nessuno dei lettori possa nascere un dubbio circa questo fatto fondamentale. Ciascuno di quelle tante migliaja di strati fossiliferi, che rappresentano l'epoca siluriana, ciascuno, dico, fu alla sua volta strato superficiale, libero fondo di mare, sul quale le siluriane generazioni abitarono e lasciarono le loro spoglie. Ma gli animali in genere, in ispecie i coralli, i molluschi, i crostacei, non possono prosperare che a profondità molto mediocri. Alla profondità di un centinajo di metri il fondo del mare si può già chiamare un deserto.[1] Se il primo strato siluriano, che formavasi pure alla profondità di pochi metri (supponiamone una trentina pei banchi di coralli), trovasi ora coperto da altrettanti fondi marini, aventi complessivamente uno spessore di 4000 a 5000 m., bisogna pur ammettere che di 4000 a 5000 m. si sprofondasse, per lasciar posto agli strati successivi. Se quel primo strato fosse rimasto saldo al suo livello, in breve il mare si sarebbe colmato, e non sopporterebbe che una massa di 30 m. in luogo di una massa di 5000 metri.

[1] Abbiamo già veduto (§ 265) in quale senso le grandi profondità sottomarine si possono dire deserte, ad onta degli animali scopertivi. Da molti argomenti, specialmente dalla natura dei sedimenti, risulta del resto come molti dei depositi siluriani erano sicuramente littorali.

CAPITOLO XIV.

DEVONIANO.

EPOCA TERZA DELL' ÈRA PALEOZOICA.

406. I limiti fra il siluriano e il devoniano, come ordinariamente fra due epoche successive, non sono ben tracciati. Il siluriano si fonde col devoniano, sicchè questo si direbbe la continuazione di quello. Noi assistiamo, per così esprimermi, al secondo atto del dramma della primitiva animalizzazione del globo. Ben presto però questo atto secondo si svolge indipendentemente dal primo; è un dramma a sè. Un gran numero di nuovi personaggi si presenta sulle scene; e sono anzi i personaggi più importanti, che finora si tennero in disparte. Eccoci in fatti crostacei di più alto bordo, gli *Entomostracei tipici,* come li chiama il Dana, e precisamente i due interessantissimi generi affini *Eurypterus* e *Pterygotus:* contemporaneamente, con mostra veramente spettacolosa, i primi rappresentanti del gran regno dei vertebrati, i pesci.

407. Se dalla comparsa di questi nuovi personaggi, che danno, per dir così, l'intonazione all'epoca, si dovesse misurare l'epoca devoniana, bisognerebbe, come già accennai, comprendervi il *Ludlow superiore* (§ 368), e forse, almeno in parte, l'*Helderberg inferiore* (§ 382). Se, come dissi più sopra, considerato il Ludlow come siluriano, non guasta per nulla l'ideale di quell'epoca immensa, in cui non viveva nei mari un vertebrato e deserte erano le terre di abitatori; staccando il Ludlow dal devoniano, non si guasta punto l'ideale dell'epoca nuova, in cui i mari formicolano d'un tratto di pesci, in cui vediamo le terre coprirsi di vergini foreste, e rallegrarsi dei primi abitatori. È certo però, che l'ideale dell'epoca siluriana esclude i pesci del Ludlow, e i grandi crostacei che loro si associano, mentre l'ideale del devoniano non solo non li esclude, ma li reclama per sè. Io inclino dunque a considerare nel Ludlow, piuttosto che la sera del siluriano, l'aurora del devoniano, unendo ai pesci che improntano la fauna devoniana i pesci del Ludlow e i grandi crostacei, che costituiscono una delle specialità più brillanti della nuova creazione.

408. Questi grandi crostacei appartengono ai generi *Pterygotus* e *Eurypterus*. I *Pterygotus* sono abbastanza abbondanti negli strati inferiori dell'*antico grès rosso* di Scozia. Sono crostacei, che richiamano alquanto i trilobiti, per la forma generale del corpo, avendo anch'essi due grandi occhi, un cefalotorace semilunare, e un addome diviso in molti anelli. Ma erano muniti di vere zampe, a modo dei communi crostacei viventi. Le zampe del primo pajo anteriore erano conformate a tenaglia, come quelle dei gamberi: quelle del quinto avevano forma di natatoje. Hanno qualche affinità coi *Limulus* viventi, sembrando che la masticazione si operasse per mezzo degli articoli basilari del primo pajo. La figura 42 presenta la ristorazione del *Pterygotus anglicus* visto per disotto. La figura 43 offre invece la copia dal vero di un *Pterygotus bilobus* degli strati di Lesmahago, nel Lanarkshire. Il genere *Pterygotus* vanta circa tredici specie, appartenenti, credo senza nessuna eccezione, agli strati inferiori del devoniano, o agli strati di transizione tra il siluriano e il devoniano. Si trovarono individui della lunghezza di 2 fino ad 8 piedi inglesi (quasi $2^{m},50$).

Fig. 42. *Pterygotus anglicus* Agass. (Devoniano inferiore.)

Coll' *Eurypterus remipes* (fig. 44) dell' Helderberg inferiore si mostra in America l'ordine dei *crostacei entomostacei*. Egli è affine ai *Pterygotus* d'Europa, e arrivava a 6 pollici o più di lunghezza.

409. L'ordine dei pesci fa il suo ingresso nel mondo col gruppo singolarissimo dei Cefalaspidi (*Cephalaspidæ*). Il sig. E. Ray Lankester[1] divide i Cefalaspidi in due sezioni: gli *Heterostacei*, i quali comprendono i generi *Scaphaspis*, con quattro specie, *Cyathaspis* con due specie, *Pteraspis* con

[1] *A Monogr. of the fisces of the old red sandstone of Britain.* Paleontogr. Soc. 1868, 1869.

tre specie; gli *Oosteostraci*, in cui entrano i generi *Cephalaspis*, *Auchenaspis*, *Didymaspis* e *Thyestes*. La figura 45, di un *Pteraspis*, ristorato idealmente dall'autore, serve a darci un'idea di questi pesci singolarissimi, che non trovano nei mari attuali alcun che di somigliante. La classificazione dei Cefalaspidi è basata sulla forma e sulla struttura di un gran scudo osseo, onde era protetta la testa di questi mostri primitivi. Questo scudo è la sola parte che trovasi d'ordinario allo stato fossile. Non si lasciarono però nemmeno desiderare degl'interi cefalaspidi, che permisero di precisare abbastanza le loro forme e i loro caratteri.

Fig. 43. *Pterygotus bilobus* Salter. (Strati recentissimi del siluriano.)

Molte figure di *Cephalaspis* furono già pubblicate, ma, rappresentando come interi individui non perfetti, danno una falsa idea di questo genere. Preferisco anche qui di presentare al lettore la ristorazione di un *Cephalaspis* (fig. 46) come è intesa dal citato monografista. La figura 47, delineata dallo stesso autore, è destinata a far vedere la forma dello scudo, che proteggeva la testa di questi singolarissimi pesci.

Fig. 44. *Eurypterus remipes.* Dekay.

I Cefalaspidi appartengono al Ludlow, e in genere agli strati devoniani più antichi, o agli strati di transizione fra il devoniano e il siluriano.

Non meno strani dei *Cephalaspidi* sono i *Pterichtidini*, che comprendono i soli *Pterychthys*, armati come i guerrieri del Medio Evo. La figura del *Pterychtys Milleri* (fig. 48) ci darà un'idea sufficiente di questo genere, che vanta diverse specie.

Il devoniano del resto, detto da Dana *l'era dei pesci*, ne vanta infatti un gran numero, Ganoidi e Placoidi, i quali si avvicinano, un poco meglio dei Cefalaspidi, ai tipi communi. Fra questi ricorderemo l'*Asterolepis Asmusi*, lungo da 20 a 30 piedi.

410. Anche parlando però dei pesci, che presentano le forme più usuali

per noi, troviamo un qualche cosa, che pur giustifica il nome di *mondo antico*, applicato ai terreni paleozoici, in confronto coi terreni più recenti, compresovi l'*antropozoico*, che appaiono come un *mondo nuovo*. Al lettore sono noti i pesci più communi fra i viventi, come quelli che hanno la

Fig. 45. *Pteraspis*, secondo E. Ray.

coda forcuta, cioè divisa in due lobi, perfettamente simmetrici, l'uno superiore, l'altro inferiore. La spina dorsale termina, dove la coda inco-

Fig. 46. *Cephalaspis Lyellii.*

mincia, precisamente rimpetto al punto mediano, tra i due lobi prominenti. È questo il distintivo dei pesci *omocerchi*, cioè di quasi la totalità delle 800 specie di pesci viventi. Alcuni pochissimi presentano anch'essi la coda forcuta; ma i due lobi sono dissimetrici, e nel superiore, sempre assai più lungo, si insinua la spina dorsale. È tale il carattere degli *eterocerchi*. Or bene i terreni più recenti, dal *trias* all' insù, possono chiamarsi il regno degli *omorcerchi;* mentre in tutta la serie dei terreni paleozoici, dal *permiano* in giù, dominano, quasi senza eccezione, gli *eterocerchi*. Gli è un minimo accidente per sè; ma basta a dare un' impronta tutta particolare alla ittiologia paleozoica, in confronto coll' ittiologia delle epoche posteriori fino all'antropozoico.

Fig. 47. Testa del *Cephalaspis Pagei.*

Nel genere *Amblyterus* (fig. 49), che sovrabbonda specialmente nel terreno carbonifero, noi troviamo un tipo di quei *Ganoidi eterocerchi*, che caratterizzano l' epoca paleozoica, benchè qualche specie raggiunga l'altezza del *Muschelkalk*, ossia del trias medio. Come tipo dei *Ganoidi omocerchi*, che caratterizzano

i terreni più recenti dei paleozoici, può prendersi l'*Aspidorhynchus* dei calcari litografici di Solenhofen, appartenenti all' ultimo periodo giurese.

411. Di invertebrati la fauna devoniana è ricchissima. Il *Prodromo* di d'Orbigny, che si limita ai soli testacei (molluschi, echinodermi, zoofiti ecc.) ne conta 1198 specie. Fra i *Cefalopodi* notiamo oltre 40 specie di *Orthoceras* e quasi 100 specie di *Aganides*. Fra i *Gasteropodi* troviamo, oltre molti generi, che hanno ancora dei vivi rappresentanti, alcuni che caratterizzano esclusivamente i terreni paleozoici, come i *Macrocheilus*, i *Straparollus*, le *Murchisonia*, i *Bellerophon*. Anche gli *Acefali* appartengono, per lo più, a generi, che ancora esistono nella fauna attuale: noteremo, come eminentemente caratteristici del devoniano, il genere *Conocardium*, già comparso nel siluriano, e il genere *Avicula*, che ci vanta quasi 60 specie.

Fig 48. *Pterychtys Milleri.*

Fra i *Brachiopodi*, sparsi con tanta profusione nei terreni paleozoici in genere, noteremo la *Calceola sandalina*, unica specie certa nel suo genere; circa 30 *Leptaena*, 30 *Orthis*, 60 *Atrypa*, quasi 80 *Spirifer*, ecc.

Tra i *Briozarî*, notansi le *Fenestella*, oltre a molti generi affini alle retepore. Aggiungasi finalmente un numero stragrande di *Crinoidi* e di *Polipai*.

Tra gli *Articolati* i *Trilobiti* sono ancora ricchi di generi e di specie; ma già accennano di avviarsi verso la definitiva estinzione, che ha luogo più tardi.

Coll'apparire delle piante terrestri, eccoci i primi indizî della vita terrestre, eccoci i primi animali destinati a vivere di vegetali terrestri, quando non siano animali, che vivono di preda, pasciuta degli stessi vegetali terrestri. I primi insetti si presentano appunto nel devoniano. Essi furono scoperti nel 1865 negli strati devoniani di S. John (Nuova Brunswick nel Canadà). Sono, secondo Scudder, 4 specie di *Nevropteri*; [1] vi

[1] Insetti a corpo allungato, addome cilindrico, muniti di quattro ale membranose, con molte nervature, sempre tese in linea quasi normale all' asse del corpo. Noti pel loro costume di dimorar vicino alle acque o correnti o stagnanti, essendo le loro larve acquatiche.

si distingue una *Ephemera*[1] gigantesca, che misurava, colle ali espanse, circa 13 centimetri di larghezza.[2]

Le piante terrestri non solo vi appajono, ma già ci annunciano che le terre erano coperte di vergini foreste.

La flora devoniana è ricca. Goeppert nomina 57 piante del *devoniano superiore*, tutte terrestri, ad eccezione di 7. Vi si distinguono generi di

Fig. 49. Ristorazione di un *Amblyterus*.

piante carbonifere, e, tanto in America quanto in Europa, le prime traccie di conifere.

412. La breve rassegna dei singoli gruppi devoniani, a cui ci accingiamo al presente, vi darà i particolari più interessanti circa la distribuzione dei fossili, e il loro valore caratteristico.

Fig. 50. Ristorazione di un *Aspidorhynchus*.

Avvertiamo però dapprima in proposito, che i principi già emessi circa il valore delle *serie locali* in confronto colla *serie generale* dei terreni,[3] devono essere richiamati, in tutta la loro forza, anzi resi più espliciti, come faremo bentosto, parlandosi del devoniano; di quella serie immensa di strati, su cui sta scritta la storia dell'epoca, che precedette l'epoca carbonifera. Trattandosi di un terreno esteso a tutti i continenti, e che presenta fin 14,000 piedi di spessore, sarebbe ridicolo il pretendere un

---

[1] Le *Ephémera* (effimere) sono volgarmente note per la loro ingente moltitudine, e la vita di poche ore, che lor valse il nome con cui furono distinte dai naturalisti.

[2] LYELL, *Student's elements*, pag. 439.

[3] Vedi il cap. X, § 272 e 273.

esatto parallelismo de' diversi gruppi, i quali, sopra un' estensione più o meno limitata, possono benissimo distinguersi.

I geologi del Nord-America hanno potuto, p. es., stabilire una numerosa serie di gruppi, di cui taluni hanno da 1000 a 6000 piedi di spessore. Ciò vuol dire che il Nord-America è la località tipica pel terreno devoniano, mentre in Europa, o più altrove, converrà accontentarsi di parallelismi parziali, ed anche solo di riconoscere, in genere, un gruppo di strati devoniani.

Premesso ciò, gli studî sul devoniano vanno, per così dire, localizzati; e noi prenderemo di mira quattro località, o regioni, cioè quattro tipi della formazione devoniana, che rispondono a quattro regioni diverse:

1.° Devoniano dell'Herefordshire, della Scozia o del sud d'Irlanda, detto antico grès rosso.

2.° Devoniano del Devonshire (Devoniano tipico per l'Europa, e da cui trasse il nome generale la formazione).

3.° Devoniano della Russia.

4.° Devoniano del Nord-America (Devoniano tipico per la geologia generale).

413. Benchè il devoniano si presenti sotto così diverse forme, non è a dirsi che questo periodo immenso non spicchi come unità distintissima, per caratteri stratigrafici e paleontologici, tra gli immensi periodi dell' êra paleozoica. Considerato nella sua individualità, la sua estensione è sterminata. Sparso a larghe falde, si scopre in Francia, nella maggior parte de' suoi dipartimenti; quindi, attraverso i Pirenei, si dilata nella Spagna. Dal Belgio, dove presenta largo sviluppo, si getta nelle provincie Renane, e nella Germania (Hartz, Baviera, Slesia, ecc.). In Inghilterra è pure estesissimo (Cornovaglia, Devonshire, Galles, Scozia, Irlanda, ecc.).

Lembi se ne scoprono in Polonia e in Norvegia. In Russia la sua estensione è meravigliosa, dilatandosi ovunque, e verso il Baltico, e verso gli Urali, e verso il Mar Bianco e il Mar Glaciale, soverchiando in più luoghi il circolo polare. Fu riconosciuto fin sulle frontiere del Kurdistan, e nella provincia di Yuennam, a 100 leghe a nord di Canton, in China. Nel Nord-America, principalmente negli Stati Uniti, è dove il devoniano attinge forse il suo massimo sviluppo; ce ne formeremo un' idea, parlando dei singoli gruppi di cui si compone. Una estensione immensa di terreni devoniani scopresi pure nell'America meridionale, specialmente sui versanti orientali delle Ande boliviane. Di più, il devoniano costituisce le isole Malouine e si incontra nella Nuova Olanda, nell'isola di Van Diémen o nell'Australia.

La forma litologica dominante è, al contrario dell'epoca precedente,

quella dei grès e degli schisti. Non mancano però le potenti zone calcaree, a cui si attingono d'ordinario le migliori notizie sulla vita marina dell'epoca. Eccoci ora alla breve rassegna dei singoli gruppi devoniani seguendo l'ordine prestabilito (§ 411).

414. Antico grès rosso del nord d'Inghilterra. — Il devoniano dell'Herefordshire, della Scozia e del sud d'Irlanda, consta di una massa di conglomerati rossi, di marne rosse e verdi, con calcari impuri, di schisti rossi, di grès diversi, dello spessore complessivo di 2400 a 3000 metri. Litologicamente, si assomiglia affatto al trias, nella sua forma più ordinaria, di cui parleremo a suo luogo, e che si chiama *nuovo grès rosso;* i nomi di *antico grès rosso*, applicato al devoniano, e di *nuovo grès rosso* applicato al trias, esprimendo i rapporti di identità petrografica e di diversità stratigrafica di queste due formazioni, sviluppatissime in Inghilterra. L'*antico grès rosso* si può suddividere in diverse zone, che non pajono ancora ben definite, benchè indicate da diverse specialità paleontologiche. Sono le seguenti, in ordine ascendente:

A. *Grès ardesiaci a Cephalaspis e Pterygotus.* — I caratteristici di questa zona sono i due generi sopra descritti, l'uno di pesci, l'altro di crostacei, singolarissimi.

Altre meraviglie paleontologiche ci si rivelano nell'*antico grès rosso* di Scozia. Primieramente cinque specie di *Pterichthys*, [1] di quei pesci singolarissimi: il corpo è un ovoide, la cui testa, larga e corta, figura come la parte più avanzata; mentre il resto rappresenta il tronco e l'addome, rivestiti da un mosaico di larghe squame, come le tartarughe. Dall'ovoide si stacca posteriormente una coda stretta e puntuta, e lateralmente, presso la testa, due enormi ale, o remi, in cui Agassiz ravvisa armi offensive. Scopresi, in secondo luogo, nell'antico grès rosso di Scozia e di Russia, il già nominato *Asterolepis Almusii*, pesce colossale, lungo da 6 a 9 metri, protetto da robusta armatura ossea, irta di tubercoli, in forma di stelle: mostra nella bocca un doppio ordine di denti: gli anteriori di pesce, i posteriori, più grossi, di rettile. In terzo luogo, si scoprono pure, secondo Hugh Milles, nell'antico grès rosso le prime *Conifere*.

B. *Schisti rossi a Holoptychius.* — Questi schisti sono caratterizzati dagli avanzi di *Holoptychius*, genere di pesci che si distingue per una larghezza di squame veramente eccezionale.

C. *Gres di Elgin a Telerpeton.* — Negli strati superiori dell'*antico grès rosso* nel Moraychire, precisamente presso Elgin, si scoprì il famoso *Telerpeton elginense*. Dico famoso, perchè fu salutato dal mondo scentifico come

[1] Vedi la figura 48, § 410.

il primo rettile che strisciasse sulla terra; ma non è ben definito ancora se sia una lucertola piuttosto che una salamandra. È lungo 11 centimetri. Negli stessi strati si scoprirono alcune orme, riferite a grosse tartarughe. Trattandosi però di strati confinanti, la scienza non ha ancor proferita l'ultima parola sull'epoca, in cui questi prototipi di una razza, che vedemmo quasi signora di diverse epoche, videro la luce. Quegli strati potrebbero ancora riportarsi al *Carbonifero*. In Irlanda difatti i grès, ritenuti equivalenti del grès di Elgin, contengono conchiglie, probabilmente d'acqua dolce, *Lepidodendron* e *Cyclopteris*, piante carbonifere.

415. Devoniano del Devonshire. — L'equivalente dell'*antico grès rosso*, il *devoniano tipico* (per l'Europa), che largamente si estende nel Devonshire e in Cornovaglia, consta di schisti verdi, cloritici, di schisti e grès quarzosi, di schisti calcarei e di calcari. La ricchezza e la ripartizione dei fossili resero possibile una suddivisione in gruppi secondarî, e si potè così meglio stabilire un parallelismo coi gruppi equivalenti della Francia, del Belgio, delle provincie renane, della Germania centrale, dell' Hartz, della Slesia, della Baviera, infino di tutta l' Europa.

Il *devoniano tipico* si divide in tre gruppi: *inferiore*, *medio* e *superiore*.

416. *Devoniano inferiore.* — Schisti ardesiaci o grès, nel Devonshire e nelle provincie renane, conosciuti dai Tedeschi sotto il nome di *antico Grauwacke del Reno*, o di *grès a Spirifer* (Spirifer-Sandstein). Caratteristici sono diversi *Spirifer*, a grandi ale, e diversi *Orthis*, *Leptæna*, *Chonetes*, il corallo *Pleurodictyum problematicum*, il trilobito *Homalonotus armatus*.

417. *Devoniano medio.* — La zona che si distingue come *devoniano medio* è veramente la *zona tipica*. La fauna dell'epoca vi si spiega in tutta la sua imponenza.

Sono comprese in questa zona le masse enormi dei calcari di Plymouth e di Torbay, che rigurgitano di trilobiti, di conchiglie e di coralli; così ne rigurgitano le vaste accumulazioni di ardesie e di schisti, comprese egualmente nel devoniano medio, che occupano, quasi per intero, il sud del Devonshire, e gran parte della Cornovaglia. Fra questa immensa congerie di fossili non sceglierò che alcuni caratteristici.

Coralli. — *Favosites polimorpha*, *Cyathophyllum coespitosum*, *Aulopora serpens*.

Crinoidi. — *Cupressocrinus:* diverse specie.

Brachiopodi. — *Spirifer*, *Stringocephalus*, *Calceola sandalina*. (fig. 52) Lo *Stringocephalus-Kalk*, o *calcare dell'Eifel* dei Tedeschi, e i *Calceola-Schiefer* dicono abbastanza, quanto i due generi di brachiopodi vi siano

abbondanti e caratteristici. Aggiungi l'*Artypa reticularis*, fossile cosmopolita, sparso cioè in Europa, nell'Asia minore e nell'America.

Acefali. — *Megalodon cucullatus*.

Ptoropodi. — *Conularia ornata*.

Gasteropodi. — *Murchisonia*, *Euomphalus*, *Macrocheilus*.

Cefalopodi. — *Cyrtoceras*, *Gyroceras*, ecc.

Trilobiti. — *Brontes flabellifer*, ossia dalla coda a ventaglio.

418. *Devoniano superiore*. — Grès, schisti e calcari, ricchi di fossili. Caratteristico assai è lo *Spirifer disjunctus Sow.*, sparso in tutta l'Europa, e fin nell'Asia Minore e nella China. La *Clymenia linearis*, mollusco cefalopodo, e la *Cypridina serratostriata*, piccolissimo crostaceo a conchiglia, sono talora così abbondanti negli strati superiori del *devoniano*, che i Tedeschi ebbero a distinguerli col nome di *Clymenien-Kalk*, e di *Cypridinen-Schiefer*. I trilobiti vi abbondano già, e si riferiscono specialmente al genere *Phacops*.

419. Devoniano della Russia. — Consta di un' alternanza di grès, o di calcari, estesa sopra una superficie più vasta di tutta l'Inghilterra. Coi grès compajono i pesci identici, per specie o per generi, a quelli del devoniano d' Inghilterra : coi calcari le conchiglie, come al solito. Noveransi più di 40 specie di pesci, *Ganoidi* e *Placoidi*; alcuni colossali.

420. Devoniano del Nord-America. — Ho già indicato il devoniano del Nord-America come tipico per la geologia generale. Tipica è quella serie a cui, come a tipo, possono riferirsi le diverse forme di un terreno, che si presentano nelle diverse regioni. In questo senso sarà, più che le altre, tipica quella serie, più o meno localizzata, che offra un maggior numero di suddivisioni, ben circoscritte e caratterizzate. Gli è come per la cronologia storica. Essa si riferisce sempre come a tipo, secondo le diverse epoche, alla cronologia di un popolo, di una nazione, o di un gruppo di popoli e di nazioni, la cui storia è più nota e più feconda di avvenimenti. Così alla cronologia ebraica, egizia, greca e romana, si andarono riferendo i diversi periodi della storia antica, e a quella delle nazioni dell'Europa centrale i periodi del medio evo e della storia moderna. Lo storico è pago quando può trovare dei punti di rapporto più o meno sicuri, e numerosi, tra la cronologia tipica e la cronologia delle nazioni, la cui storia è più oscura e più povera di avvenimenti. Pel periodo devoniano e pei terreni paleozoici in genere, la serie tipica è quella del Nord-America. Mi attengo letteralmente al *Manuale* del Dana, nella breve rassegna dei numerosi gruppi del devoniano.

421. Eccone intanto la lista, a cui terrà dietro una breve descrizione di ciascuno.

Grès di Oriskany.

Cornifero.

Grès a Cauda-Galli.

Grès di Schoharie.

Gruppo dell'Helderberg superiore.

Gruppo di Hamilton.

Schisti di Marcellus.

Hamilton propriamente detto.

Schisti di Genesee.

Gruppo di Chemung.

Gruppo di Portage.

Chemung propriamente detto.

Grès rosso di Catskill.

422. Grès di Oriskany. — Questo gruppo, nominato dalla città di Oriskany, nell'Oncida, consta di arenarie, dello spessore di 30 piedi, come ad Oriskany, fino a più centinaja, come nella Virginia; o di calcare, come nella contea di S. Geneveffa (Missouri). L'*Oriskany* si può considerare come un gruppo di transiziono tra il *devoniano* e il *siluriano*. Contiene molluschi e crinoidi, numerosi di individui, scarsi di specie. Como caratteristici si citano la *Ruesselaeria ovoides*, affine alle *Terebratule*, e lo *Spirifer arenosus*. Di pianto nessun indizio.

423. Cornifero. — Anche questo gruppo si suddivide in tre, succedentisi, dall'alto al basso, così:

1.° *Gruppo dell'Helderberg superiore.* Gruppo calcareo, che presentasi distinto in due zone. La superiore, detta *calcare cornifero*, dà nome all'intero gruppo, o lo riceve dalle masse di selce (*hornstone* in inglese, che si traduce *pietra cornea*) che essa contiene. L'inferioro si chiama *calcare di Onondaga.*

2.° *Grès di Schoharie.* Arenaria calcarea, fina, ricca di fossili. Questi grès segnano un'epoca nella storia dell'animalizzazione del globo, offrendo le più antiche reliquie di pesci del nuovo continente. Sono ganoidi e placoidi, per lo più eterocerchi (*Macropetalichtys, Cephalaspis, Holoptychyus*).

3.° *Strati a Cauda-Galli.* È questo il deposito caratterizzato dal *Fucoides Cauda-Galli*, alga marina, formante una specie di tallo, o di fronda, che si svolge a spirale, o si assomiglia molto ai *Zoophycos*, che caratterizzano la *creta* di Lombardia, di Toscana, ecc. Ha talora un piede di diametro.

Dei tre gruppi accennati, l'*Helderberg superiore* è il più rimarchevole. Trattasi di un vero banco di coralli, che può competerla con qualunque più ricco banco del Pacifico e dell'Oceano Indiano. Oltre ai polipai, che

vi si incontrano, o interi o in frammenti, si può dire che la roccia stessa non sia che un tritumo corallino, ridotto a finissima pasta. È famosa la cascata dell'Ohio, presso Luisville, come località ove il banco corallino si spiega così imponente o così fresco, come fosse ancor vivo, in grembo all'oceano. Alle stupende *Favosites*, masse emisferiche della larghezza di 6 piedi, ai vaghi ciatofillidi, ad altri bellissimi polipi, non mancano che i fiori variopinti del corallo per crederli ancor vivi. La selce stessa, sparsa nel *calcare cornifero* è ricca di sporangi di *Desmidee*, simili alle *Diatomee*, e, come esse, organismi secretori di selce. Aggiungi gli *spiculi* silicei di spongiari. L'*Helderberg superiore* è segnalato anche dalla presenza de' più antichi *Productus*, uno dei generi più caratteristici dei terreni paleozoici più recenti. Cito, con Dana, le specie caratteristiche:

Trilobiti.	Proëtus crassimarginatus	*Crinoidi.*	Nucleocrinus Verneulli
	Dalmania solenurus	*Polipai.*	Aulopora cornuta
Gasteropodi.	Platyceras dumosum		Syringopora Macluri
Pteropodi.	Tentaculites scalaria		Favosites Goldfussi
Acefali.	Conocardium trigonale		Cyatophyllum rugosum
Brachiopodi.	Pentamerus ovatus		Phillipsastrea Verneulli
	Spirifer gregarius		Zaphrentis gigantea.
	» acuminatus.		

424. Gruppo di Hamilton. Questo gruppo è suddiviso in tre, che sono discendendo:

1.° *Schisti di Genesee.* Formazione schistosa, dello spessore di 25 a 150 piedi.

2.° *Strati di Hamilton propriamente detti.* Derivano il loro nome da Hamilton, nella contea di Madison: constano di schisti e di calcari assai fossiliferi, e vantano uno spessore di 1200 piedi.

3.° *Schisti di Marcellus.* Cinquanta piedi di roccie argillose, scarse di fossili.

La natura petrografica dell'*Hamilton* accusa, a preferenza, il predominio di fondi fangosi, per cui vi abbondano specialmente i Trilobiti e le conchiglie bivalve. Appena però mostrisi il calcare, ripullulano i Crinoidi e i Coralli. In questo gruppo si scoprono i più antichi cefalopodi del genere *Goniatites*, non altro infine che Nautili a sifone dorsale. Accenniamo come caratteristiche le seguenti specie:

Trilobiti.	Phacops bufo	*Acefali.*	Avicula flabella
	Dalmania calliteles		Orthoneta undulata
Cefalopodi.	Goniatites marcellensis	*Brachiopodi.*	Chenetes rotigera
Gasteropodi.	Bellerophon patulus		Athyris spiriferoides
Acefali.	Microdon lellistriatus		Spirifer mucronatus.

Le seguenti specie dell'Hamilton si trovano anche in Europa:

Gramysia hamiltonensis	Atrypa aspera
Spirifer umbonatus	Heliophyllum Halli.
Tropidoleptus carinatus	

Quanto alla flora, è importantissimo il fatto, che nell'Hamilton si scoprono le più antiche reliquie di piante terrestri, e che esse già presentano un tipo carbonifero. Sono *Lepidodendron, Sigillaria* o Conifere. Vi si scopre ancora l'alga marina, detta *Fucoides Cauda-Galli*, che ha dato nome alla terza zona del gruppo precedente.

425. Gruppo di Chemung. — Si divide in due gruppi secondari: 1.° *Chemung propriamente detto*, che consta di arenario e di schisti grossolani, dello spessore di 1500 piedi. 2.° *Gruppo di Portage;* una massa di schisti e di arenarie schistose, dello spessore di 1000 a 1400 piedi, sottostanti agli schisti di Chemung.

Le rughe, gli indizî degli ondeggiamenti, lo screpolature, accennano talora a lidi fangosi o sabbiosi, che rimanevano, più o meno a lungo, scoperti, o appena sommersi a pochissima profondità. È un periodo pieno di vita, e, tra i fossili, predominano le *Goniatites*, gli *Spirifer*, ecc. I Trilobiti vi figurano però in numero assai scarso. Vi si raccolgono piante in buon numero; alghe marine e piante terrestri, che ricordano affatto l'êra carbonifera: *Sphenopteris*, *Sagenaria*, *Lepidodendron*, *Calamites*, *Asterophillites*, ecc. Possono citarsi come caratteristici l'*Atrypa histrix*, l'*Orthoceras avicula*, il *Cyathocrinus ornatissimus*.

426. Grès rosso di Catskill. — Schisti, grès variegati, conglomerati e, di rado, calcari. Spessore di 5000 a 6000 piedi negli Appalachian. Indizî di ondeggiamenti marini sugli strati. Scarsissimi i fossili, tra i quali notansi alcuni acefali, p. es., la bella *Modiola angusta*, e denti di pesci del genere *Holoptychius*. Caratteristica è la magnifica *Noeggerathia obtusa*, dalle foglie larghe più di un piede.

427. Lo studio del devoniano conduce, a un dipresso, a quelle stesse conclusioni, alle quali già arrivammo studiando il siluriano. Anche qui la vita è al parossismo in seno ai mari; ma si arresta ai tipi inferiori: tuttavia ha asceso un gradino della scala del perfezionamento organico, producendo i vertebrati. L'esistenza delle terre è anche qui indubbiamente affermata dagli immani cumuli detritici, e dallo sviluppo della fauna corallina. Ma ecco le terre stesse veramente affacciarsi, coperte di vergini foreste. Sono terre ancora deserte, ancora silenziose: ma quel silenzio comincia almeno a esser rotto dal ronzio degli insetti. Forse verso la fine dell'epoca i primi rettili stampano le loro orme sugli arenosi lidi.

428. Nè la sola novità dell'epoca è l'introduzione degli insetti, tipo supremo degl' invertebrati e dei pesci, tipo infimo dei vertebrati. Anche le classi, già ricche nelle epoche precedenti, si arricchiscono di nuovi tipi. Al devoniano, p. es., appartengono esclusivamente i *Cupressocrinidi*, che, muniti di braccia fisse, simili però, per la forma della testa, ai *Crinoidi ordinarî*, starebbero fra questi o i *Pentremitidi*. Una delle specie più caratteristiche è li *Cupressocrinus crassus* (fig. 51) del devoniano dell'Eifel. I signori Sanderberger [1] hanno anche segnalato il primo rappresentante degli *Astreidi* o *Asteroidi* (volgarmente *Stelle di mare*) in un *Coelaster* [2] dello arenarie a *Spirifer*, e alcuni frammenti di *Echinidi regolari*, del genere *Cidaris* o di qualche genere affine, nel calcare a *Stringocefali*. Degli Echinidi regolari ci occuperemo, parlando della fauna del terreno carbonifero, di cui formano uno dei più belli ornamenti.

Fig. 51. *Cupressocrinus crassus* Goldf.

429. Anche nell'epoca devoniana le faune si rimutano più volte, dividendola così in diversi periodi. Ci appajono anche qui dei tipi rimarchevolissimi per la eccezionalità delle loro forme e per la singolare brevità della durata di loro esistenza. Rinomatissimo fra questi è il genere *Calceola*, della classe dei *Brachiopodi*, rappresentato dall' unica specie *Calceola sandalina*, già citata (§ 417), come caratteristica del devoniano medio. Questa specie singolarissima (fig. 52), che deve il suo nome alla somiglianza della sua forma con quella di una pianella, si mostra così abbondante nel devoniano medio in Germania, che i Tedeschi distinguono quel terreno col nome di *schisti a Calceola* (Calceola-Schiefer). Eppure questo genere non soverchia i limiti di quegli strati, e appare come un isolatissimo scoglio nel gran mare della creazione. D'onde venne quel genere? Dove se ne andò, secondo la teorica della trasformazione delle specie? Si attende la risposta dai darviniani.

430. Anche le faune del devoniano appajono e scompajono secondo la natura degli ambienti. Quale contrasto, p. es., fra l'antico grès rosso di Inghilterra e il devoniano medio dell'Eifel! Quei 3000 m. di schisti rossi o di grès sono un deserto. Gli animali stazionarî vi sono presso che ignoti,

[1] *Verstein. d. Rein. Schichten syst. v. Nassau.*

[2] I *Coelaster*, segnalati dal *Corso elementare* di d'Orbigny come siluriani, non pare che siano punto da ritenersi come Astreidi.

e soltanto i fortunosi viaggiatori, i grandi signori dell'epoca, seminarono di rade spoglio quei fondi disabitati. Gettiamo ora uno sguardo sulla formazione calcarea dell'Eifel. Quei banchi di nuda roccia che si levano così alto nei dintorni di Gerolstein, sembrano animarsi sotto gli occhi dell' osservatore. L'infinita famiglia del Brachiopodi vi fa immenso sfoggio di bellezza e varietà: a ogni passo vi arresta il calice di un Encrino o la stella di un Ciatofillo, perduti fra le zolle, in mezzo a un popolo di conchiglie, di briozoi, di coralli d'ogni forma e d'ogni dimensione. Infine quelle montagne sono banchi di corallo, e splendido teatro della vita corallina, così potente in ogni tempo. Se dalle montagne di Gerolstein, piegando verso sud, vi portate nella celebre regione dei vulcani dell' Eifel, eccovi i grès, e coi grès il deserto.

Fig. 52. *Calceola sandalina* Lk. (Devoniano medio).
A. Esterno della conchiglia, chiusa, colla gran valva superiormente, e la piccola valva inferiormente.
B. Interno della gran valva.
C. Interno della piccola valv a

431. Un fatto meritevole di molta considerazione è il modo di presentarsi de' pesci. È, come dissi, una creazione spettacolosa. Quanto è diverso il fatto dall' ideale di quella lenta, graduale trasformazione, per cui da un primo pesciatello malnato, puta figliuolo di un gambero, sarebbero discesi tutti i pesci che popolano i mari! Come doveva rimanere impressionato l' antico oceano, quando fosse stato impressionabile, alla comparsa di quei veri sovrani delle acque, che dovettero pigliarne possesso colla foga di una vera invasione! Si consideri anzi tutto il numero dei tipi veramento meraviglioso. *Ganoidi* e *Placoidi* fanno insieme la loro comparsa; quasi riuniti in due eserciti. L' uno e l' altro sono distinti in più corpi d' armata: vi distingui da una parte i *Cicliferi*, i *Rombiferi*, i *Corazzati*; dall' altra i *Plagiostomi*, e chi sa quali altri gruppi, rappresentati dagli *Ictiodoruliti*.[1] Di generi Pictet ne numera 47. In questa moltitudine di pesci noi ne troviamo già dei colossali. L'*Asterolepis Asmusi*, p. es.,

[1] Si nominarono *Ichtyodorulites* dai paleontologi certi fossili che hanno l' aria di essere raggi di natatojo di pesci. Sono sparsi abbondantemente in diversi terreni, o si distingue benissimo se appartennero a *Ganoidi* (pesci a squame ossee smaltate, disposte in serie regolari ecc.) o a *Placoidi* (pesci cartilaginosi); ma sono classificati come genere a sè.

era lungo da 6 a 9 metri e più. Ne troviamo di quelli che presentano le forme ordinarie dei pesci; di quelli invece che sono veri mostri nella classe. Dove andremo a cercare, p. es., un pesce ne' mari attuali, che ci richiami, anche da lontano, un *Cephalaspis* o un *Pterichthys?* I darviniani sono invitati anche qui a rispondere donde viene, dove va, tutto questo mondo di pesci, secondo la loro teoria della progressiva trasformazione.

432. Anche il periodo devoniano fu, come il siluriano, un periodo di caldo e di clima uniforme. Le fauna coralline nelle regioni ora fredde o temperate, l'uniformità dei tipi e la communanza delle specie, nelle regioni più disparate, lo attestano.

Traggo dal *Prodromo* di d' Orbigny una lista di specie cosmopolite, all' intento di provare, pel devoniano, quella universalità di fauna, e quella uniformità di clima, che sono caratteristiche de' terreni più antichi.

	Spagna	Francia	Belgio	Germania	Inghilterra	Russia	Nord-America	Van-Diemen
Agsnides retrorsus	—	—	—	+	—	+	+	—
Lexonema arcuata	—	+	—	+	+	—	+	—
Murchisonia bilineata	—	+	—	+	+	—	+	—
Capulus trochleatus.	—	—	—	+	—	—	+	—
Bellerophoo striatus	—	—	—	+	—	—	+	—
Lucina proavia.	—	—	—	+	—	+	+	—
Avicula damnonicosis	—	—	—	—	+	—	+	—
Productus productoides	—	+	+	+	+	+	—	+
Chonetes armata	—	+	—	—	—	—	+	—
» nana	—	—	—	—	—	+	+	—
Strophooema rhomboidalis . . .	—	+	—	+	+	—	+	—
Cyrthia heteroclyta	—	+	—	+	—	+	+	—
Atrypa latecosta	—	—	+	—	+	—	+	—
» subcuboides	—	—	+	—	+	—	+	—
Spirifer Verneuili	+	+	+	—	—	—	+	—
» disjunctus	—	—	—	—	+	+	+	—
Spirigera concentrica	—	+	—	+	+	+	+	—
Cyathophyllum turbinatum? . .	—	+	—	+	+	—	+	—
Alveolites fibrosus	—	—	—	+	—	+	+	—

433. Finalmente il devoniano fu anch'esso un periodo di oscillazioni, con risultato finale di un enorme abbassamento delle nostre aree continentali, ove esso si rinviene attualmente. I 3000 m. dell'*antico grès rosso* di Inghilterra, i 1800 m. circa del solo *grès rosso di Catskill* in America non si spiegano, se non coll' ammettere uno sprofondamento progressivo dei fondi marini, sui quali si accumularono.

CAPITOLO XV.

CARBONIFERO.

EPOCA QUARTA DELL' ÊRA PALEOZOICA.

434. Il gruppo importantissimo che sovrasta al devoniano, deriva il suo nome dalla ricchezza in litantrace, che lo distingue tra tutti i gruppi componenti la crosta del globo. Si dice *carbonifero*, come si dicesse *carbonifero per eccellenza*. Il carbon fossile, cioè, si trova associato a terreni di epoca diversa, e può trovarsi in qualunque terreno ove si avverassero quelle condizioni che, in modo tutto speciale e in grado eminente, si verificarono pel terreno carbonifero; ma di fatto è nel carbonifero che il litantrace si aduna in tal copia, e con tale costanza, da risultarne la principale caratteristica dell'epoca. Un'altra singolarità del gruppo carbonifero è questa, che, esteso quasi a tutto l'orbe, occupando aree vastissime nell'antico come nel nuovo continente, mantiene, quasi dovunque, una meravigliosa uniformità, la quale è fatta palese dalla concordanza dei membri che lo compongono. Nel Nord-America, del pari che in Europa, il gruppo carbonifero offre tre formazioni sovrapposte, affatto conformi per indole petrografica e pei caratteri paleontologici. Sono:

1.° una poderosa massa calcarea, il *calcare di montagna*, ricchissimo di testacei marini, alla base;

2.° una potente massa arenacea, il *Millston-grit*, talvolta schistosa, ordinariamente priva di carbon fossile, nella parte media;

3.° il vero *terreno del litantrace*, ossia una massa enorme di strati arenacei, marnosi, schistosi, alternanti con letti di carbon fossile, superiormente.

435. Una tale uniformità, sopra così smisurate estensioni, basta perchè il geologo vi scorga un solo grande complesso, che segnala una grand'epoca. Non manca del resto al carbonifero quella communanza di specie fossili, che suole affratellare, come parti di un tutto, i membri di una grande formazione. Dana cita le seguenti che si incontrano nel Nord-

America, nel *carbonifero* del pari che nel *subcarbonifero* (calcare di montagna).

Productus punctatus	Productus semireticulatus
» Cora	Spirifer lineatus.
» muricatus	

Che più? parecchie specie sono communi al *carbonifero* d'America e al *calcare di montagna* d'Europa, e sono, togliendole da Dana:

Athyris subtilita	Productus longispinus
Retzia radians	» scabriculus
Spirifer lineatus	» costatus
» Urii	Fusulina cylindrica.

Vedremo di più come talora qua e là i diversi depositi si scambino, per dir così, i rispettivi caratteri; come, p. es., il vero carbonifero prenda talvolta la fisionomia del calcare di montagna e viceversa, mentre alla sua volta il *Millston-grit* non ha caratteri propri ben decisi, ma è piuttosto un terreno carbonifero in difetto, che divido l'epoca carbonifera in due periodi, nel primo de' quali sulle identiche aree prevalsero i mari, nel secondo le terre. Infine chi ha tutta l'impronta dell'epoca è il vero carbonifero.

436. Venendo infatti ai particolari di ciascun piano, noi troviamo generalmente un *carbonifero inferiore*, che si spicca nettamente dal *superiore* e dal *medio*, offrendo, in confronto di essi, uno spettacoloso contrasto. Una formazione calcarea, in confronto di una formazione di schisti, di arenarie e di conglomerati; un mare aperto, limpido, profondo, in confronto di pianure maremmane, bassi fondi o torbide lagune; una splendida fauna marina, in confronto di una flora terrestre lussureggiante: alle vergini foreste, sono sostituiti banchi di corallo e boschi di encrini. Non si saprebbe nemmeno perchè il *calcare di montagna* abbia ricevuto il nome di *carbonifero inferiore*, se non constasse, in alcuni de' suoi equivalenti, spiccare l'impronta del periodo carbonifero in guisa, che non cadrebbe nemmeno in pensiero di separarneli. Infatti, mentre sopra vastissime regioni spicca nettamente distinto un periodo subcarbonifero, in altre regioni a mala pena gli si può trovare un equivalente.

437. Nelle provincie renane della Prussia, p. es., o nell'Hartz, il *carbonifero inferiore* è rappresentato da schisti e da grès, con piante fossili (*Lepidodendron*, *Calamites*, ecc.), alcune delle quali sono identiche a specie carbonifere. Si scoprono tuttavia, anche nell'Hartz, specie proprie del solo subcarbonifero. Nel sud d'Inghilterra la zona calcarea fissa un periodo a sè, distintissimo dal vero carbonifero. Andate al nord, e trovereto un'alternanza di calcari e di grès carboniferi che vi richiameranno simili

alternanze, le quali, benchè assai di raro, si verificano nel vero carbonifero. In Irlanda il *calcare di montagna* forma, al suo posto, una zona ben distinta; ma sotto a questa ricompajono gli schisti, le argille, le arenarie, costituendo una zona dello spessore di 300 metri.

La stessa vicenda si verifica in America. Nella regione continentale interna (Illinois, Kentucky, Jova, Missouri, Arkansas, Texas) abbiamo uno sviluppo enorme, e quasi esclusivo, di calcare. Nel Missouri, p. es., il calcare misura 1200 piedi di spessore. Nel Tennessee troviamo però due gruppi distinti: l'uno superiore, calcareo, l'altro inferiore, arenaceo. Nel Michigan, una massa calcarea di 70 piedi riposa sopra altra di schisti e di arenarie di 480 piedi.

Nella regione pensilvanica degli Appalachian il *carbonifero inferiore* è una massa schistosa di 3000 piedi, che stassi a giacere sopra una massa, per lo più arenacea, di 1800 a 2000 piedi. Ecco come ragionevolmente potè Dana, che chiama *subcarbonifero* il *carbonifero inferiore*, distinguere un *subcarbonifero superiore* da un *subcarbonifero inferiore*. Nella Nuova Scozia il *carbonifero inferiore* consta di arenarie rosse e di marne verdi, con enormi banchi calcarei, zeppi di fossili. A tale complesso si assegnano 6000 piedi di spessore. Osservate però come, verso nord, il calcare vien meno, ed è sostituito, sopra grandi estensioni, da conglomerati grossolani. Al sud prevalgono i calcari, a cui si associano letti di gesso.

438. Questa singolare vicenda, che si verifica su così grande scala, sotto lo stesso orizzonte, merita tutta la nostra attenzione per sè, ma sopratutto per un' altra vicenda, che segue costantemente la prima. È un fatto che coll'avvicendarsi delle forme litologiche, vuoi lateralmente nel senso dell'estensione, vuoi verticalmente nel senso dello spessore, si avvicendano i caratteri paleontologici, in guisa da formare il più singolare contrasto. Col ritorno degli schisti e delle arenarie, ritornano le piante e le foreste fossili: l'apparire del calcare invece segna la comparsa di quella fauna marina, che sola direbbesi caratteristica del *carbonifero inferiore*. Così una flora terrestre si avvicenda in questi strati con una fauna marina.

Troviamo infatti le piante carbonifere nell'Hartz, i grès carboniferi nel nord d'Inghilterra, o sia nella Scozia. Letti di carbon fossile, meritevoli di scavo, con letti di ferro carbonato, ricompaiono nella Pensilvania e nella Virginia: altri se ne trovano nella Nuova Scozia, ove si scoprì anche una serie di tronchi eretti, cioè una di quelle foreste fossili, in cui vedremo consistere il tratto geologico più fondamentale dell'epoca carbonifera. Tutto questo nel *carbonifero inferiore*.

Gli stessi strati sono ricchi di pesci. Negli schisti rossi presso Postville, si scopersero le magnifiche pedate del *Sauropus primaevus*, sauro gigan-

tesco, e il rettile più antico che si scoprisse in America, e, a quanto pare, il precursore di quell'*ordine* celessale, destinato a popolare di mostri le foreste e le maremme delle epoche seguenti, e di cui anneveriamo ancora i numeresi superstiti nelle lucertole, nei ramarri, nei cocodrilli, nei gaviali, negli alligatori.

439. Prescindendo dalle località, eve prevalgono gli schisti e i grès di indole affatto carbonifera, si può dire che il *carbonifero inferiore* è rappresentato, tanto in Europa quanto in America, da una gran zona calcarea, delle spessore di 1200 a 1600 piedi, eve si rinnovano le meraviglie de' liberi mari del siluriane e del cambriano, eve pullula e si addensa una fauna marina, di cui nulla v'ha di più ricce e di più bello. È dessa, propriamente parlando, che costituisce quella che si direbbe *fauna subcarbonifera*, la quale in genere non si scosta gran fatte dalle faune precedenti.

I coralli vi abbondano straordinariamente. M. Edwards e Haime ne descrissero 81 specie del solo *carbonifero inferiore* d'Inghilterra. I crinoidi vi sono sparsi a profusione, ma si attengone in genere ai tipi precedenti. La classe degli *Echinidi regolari*,[1] se non nasce nel carbonifero, vi si afferma però splendidamente cogli eleganti *Palechinus* e *Palæocidaris*. Abbondano i briozoi, sotto forme somiglianti a quelle delle *Retepora*. Di brachiepodi poi vi ha un vero lusso, e vi si distinguono per varietà di specie e per grandezza di mele. Un esemplare di *Productus giganteus* d'Inghilterra, disegnato da Davidson, raggiunge una larghezza di 29 centimetri. Quanto al numero delle specie, Davidson ne nomina circa 120 del sole carbonifere d'Inghilterra, distinguendo 25 *Spirifer*, 35 *Productus* e 5 *Lingula*.[2]

440. Nel *Prodromo* di d'Orbigny sone indicate oltre a 1000 specie di testacei, le quali devene appartenere, con poche eccezioni, al *calcare di montagna*, che l'autore non distingue, stratigraficamente, dagli *strati a*

[1] Gli *Echinidi* sono i così detti *ricci di mare*. Il riccio di mare commune, *Echinus esculentus*, che si mangia nei nostri porti, può tenersi come tipo degli *Echinidi regolari*, che hanno la forma di globi, più o meno depressi, di natura testacea, tutti irti di spine pungenti. La conchiglia, o guscio esterno, degli echinidi è composta di lamine solide, a guisa di mosaico con tutta simmetria. Quei pezzi sono distribuiti in guisa, che l'esterno appare diviso in dieci spicchi, come il frutto dell'arancio, disposti per paja, uno tutto traforato, generalmente molto angusto; l'altro intero, coperto di prominenze, a cui si attaccano le spine detti *radioli*. I cinque spicchi perforati si chiamano *aree ambulacrali*, poichè dai fori escono i *pediculi*, cioè gli organi di locomozione. La conchiglia, ossia l'echino, è sottile e cavo nell'interno, ove contiene i visceri. È poi forato al centro, tanto al basso, dove ha la bocca, quanto in alto, dove ha l'ano. Le spine o *radioli* dei ricci di mare divengono *bacchette* e *ghiande* robuste, e acquistano grandi dimensioni nelle *Cidaris* e in altri congeneri. Gli echinidi fossili si trovano ordinariamente spogliati di *radioli*, che presto si staccano dopo la morte dell'animale; ma di *radioli* sono poi seminati abbondantemente gli strati di ogni epoca.

[2] *Palaeontogr. Society*, 1861.

carbon fossile. Ci troviamo 38 *Nautilus*, 24 *Orthocera* con molti altri *Cefalopodi* concamerati, fra cui 30 *Aganides*, non altro che forme complicate di *Nautilus*, ossia nautili a pareti angolose. Moltissimi sono i *Gasteropodi*, affini, in genere, ai viventi, salvo i *Bellerophon*, che si credono da taluni *Cefalopodi*, prossimi ai viventi *Argonauta*. Lo stesso ripetasi dei numerosissimi *Acefali*. Nei *Brachiopodi* invece notasi ciò, che veramente direbbesi pieno sviluppo del tipo paleozoico: più di 40 specie di *Productus*, 50 *Spirifer* e gran copia di *Chonetes*, *Leptaena*, *Orthis*, *Atrypa*, ecc. Fra i *Briozoari* il genere *Fenestella* è il più sparso e il più caratteristico. Le specie di *Crinoidi*, citate da d' Orbigny, sono più di 60, e circa 80 le specie di *Polipi*, ossia di coralli, che improntano così bene, come vedemmo, la fauna paleozoica.

Fig 53. *Palechinus elegans* Mac Coy (del calcare carbon. d'Irlanda).

441. I *trilobiti* sono ridotti a tre generi. Invece i pesci abbondano in alcune località, sia in America, sia in Europa. Appartengono specialmente ai Placoidi, e sono caratteristici i *Cochliodus* dai denti cocleati, i *Cladodus* dai denti acuti e seghettati come quelli degli squali, gli *Orodus* dai denti acutissimi e lisci, gli *Orodus* dai denti in forma di mammella. Il solo *calcare di montagna* d'Inghilterra offrì oltre 70 specie di pesci.

442. Quanto alle questioni del clima e della universalizzazione dei viventi, si può ripetere della fauna del *calcare di montagna*, quanto abbiam detto delle faune precedenti. I banchi di coralli e di crinoidi ci indicano, come le foreste fossili, un clima caldo.

443. La fauna subcarbonifera d' Europa, se parliamo di ordini, di famiglie e di generi, è lo specchio perfetto della fauna subcarbonifera d'America. Polipi, crinoidi, molluschi, pesci, si rispondono a capello, benchè le due faune abbiano ora di mezzo l'Atlantico, benchè si distendano, sull' uno e sull' altro continente, quasi dall' equatore al polo. Molte specie inoltre sono communi ai due continenti; alcune sono veramente cosmopolite.

Fra le specie communi al Nord-America e all' Europa, citerò le seguenti, togliendole dal *Prodromo* di d' Orbigny.

Nautilus tuberculatus	Orthis resupinatus
Orthoceratites calamus	Spirifer cuspidatus
Aganides rotatorius	» bisulcatus
Straparolus catilloides	» fasciger
Bellerophon hiulcus	Echinocrinus Nerei
Cypricardia squamifera	Cyathaxonia spinosa
Productus costatus	Fusulina cylindrica.

444. La seguente tabella poi indica le specie, le quali, stando al citato *Prodromo*, possono dirsi veramento cosmopolite, per la estensione di cui godono nei due continenti. Il segno + sottoposto alle località, vi indica la presenza della specie.

	Spagna	Francia	Belgio	Germania	Inghilterra	Irlanda	Russia	Mar glaciale	America settentrionale	America meridionale	Australia
Aganides sphaericus	—	—	+	+	+	—	—	—	+	—	—
Straparolus pentangulatus . .	—	+	+	+	+	—	+	—	+	—	—
Productus Cora	—	—	+	+	+	+	+	—	+	+	—
» boliviensis	—	—	—	—	—	—	+	—	—	+	—
» semireticulatus . .	+	—	+	+	+	+	—	+	+	+	+
» Flemingii	+	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+
» scabriculus	—	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—
» punctatus	+	—	+	+	+	+	+	—	+	—	—
Chonetes variolata	—	—	+	—	+	—	+	—	+	+	+
Orthis Michelini	+	—	+	—	+	+	+	—	+	—	—
Spirifer lineatus	—	+	+	—	+	—	+	—	+	—	—
» striatus	—	—	+	+	+	—	+	—	+	+	—
Spirifera Roissyi	—	—	+	—	—	—	+	—	+	+	—

445. Superiormente al *calcare di montagna* segue il *Millston-grit*, il quale si può ritenere come una semplice dipendenza del vero *Carbonifero*, di cui forma la base. Il *Millston-grit* (grès da macina) consta, come lo indica il suo nome, di grès, a cui si aggiungono dei conglomerati. Contiene anch' esso qualche straterello di litantrace, e piante carbonifere. Nella Nuova-York ha uno spessore di 25 a 60 piedi; mentro ne ha da 1000 a 1500 in Pensilvania. Nel nord d'Inghilterra si scopre nel *Millston-grit* una zona calcarea, con conchiglie carbonifere.

446. Il vero carbonifero, ossia gli *strati a carbon fossile*, constano di roccie multiformi, che mutano spesso e repentinamente di natura, secondo i luoghi, secondo le altezze nella serie stratigrafica. Le forme predominanti sono le arenarie, a diverse gradazioni, fino a divenire veri conglomerati, e gli schisti o le arenarie schistose. Aggiungi de' calcari impuri, e letti di ferro, dello spessore di 3 a 4 piedi, in forma di *Ematite*, di *Limonite*, di *Calibite*, ossia di ferro spatico impuro. I letti di carbon fossile alternano coi letti rocciosi, costituendo una parte minima, una vera accidentalità della formazione. Nel Nord-America si calcola 1 piede di carbon fossile su 50 piedi di roccia.

447. Per dare un'idea della associazione e delle proporzioni rispettive

dei diversi elomenti petrografici nella formazione carbonifera, trascrivo dal *Manuale* di Dana la seguente *sezione* di una parto del terreno carbonifero d'America; ben inteso che le alternanze e le proporzioni variano all'infinito secondo i luoghi. Gli strati si succedono dal basso all'alto, così:

1.°	Arenaria e conglomerati	120	piedi
2.°	*Carbon fossile*	6	»
3.°	Arenaria schistosa, a grana fina.	50	»
4.°	Minerale di ferro siliceo	$1\frac{1}{2}$	»
5.°	Arenaria argillosa.	75	»
6.°	*Carbon fossile*, giacente sopra 4 piedi di schisto con pianto fossili, e sotto uno straterello argilloso . . .	7	»
7.°	Arenaria	80	»
8.°	Ferro.	1	»
9.°	Schisti argillosi	80	»
10.°	Calcare oolitico con *Productus, crinoidi*, ecc.	11	»
11.°	Ferro con conchiglie fossili.	3	»
12.°	Arenaria grossolana, con tronchi d'alberi	25	»
13.°	*Carbon fossile*, giacente sopra un piede di shisto ardesiaco con pianto fossili	5	»
14.°	Arenaria grossolana.	12	»

448. Il *terreno carbonifero*, a cui si lega ormai totalmente l'umana industria, si estende anche, per somma provvidenza, a quasi tutte le regioni della terra; ma la regione carbonifera per eccellenza è il Nord-America. Il carbonifero vi occupa tre grandi regioni; ossia vi si può considerare ripartito in tre grandi bacini.

1.° *Bacino continentale interiore.* — Chiude la regione degli Appalachian, spingendosi verso le grandi catene dei Monti di Roccia, fino al Kansas occidentale. Si possono considerare unite a questa principalissima regione carbonifera le altre regioni o più orientali, come il Massachusettes, o più occidentali, come la vasta regione tra i Monti di Roccia e l'Oceano Pacifico. Infine il *terreno carbonifero* si dilata per ogni verso entro i limiti degli Stati Uniti. Da Rhode Island e dal Massachusettes, tra Newport o Worcester, si spinge nelle regioni della New-York, o lungo gli Appalachian, nell'Alabama, e, verso ovest, sopra metà dell'Ohio, parte del Kentucky, del Tenessee o piccola porzione del Mississipi. Seguono le regioni del Michigan centrale, Illinois, Indiana, Jowa, Minnesota, Missouri, Kansas, Arkansas, Texas, ecc., donde si svolge sui fianchi dei Monti di Roccia, sia verso l'Atlantico, sia verso il Pacifico, dilatandosi nel gran bacino del Colorado, nel Nuovo Messico, nella California settentrionale.

2.° *Bacino littorale atlantico.* — Comprende le provincie britanniche: Nuova Brunswick, Nuova Scozia, ecc.

3.° *Bacino artico.* — Comprende le regioni artiche, dove pare sviluppatissimo il *Carbonifero*, p. es., nelle isole Melleville, Bathurst, ecc.

449. In Europa la regione più classica pel carbonifero sono le isole Britanniche, dove occupa vaste estensioni nel Devonshire, nella Cornovaglia, nel Paese di Galles, ecc., nella Scozia, nell'Irlanda. In Francia non occupa grandi superficie ad una volta; ma, per compenso, è distribuito a lembi in quasi tutti i dipartimenti. La Spagna possiede, nelle Asturie, uno de' bacini carboniferi più ricchi. Ricchissimo ne è pure il Belgio, e vaste zone se ne distendono attraverso la Germania (Prussia, Baviora, Provincie Renane, ecc.), la Boemia, e l'Ungheria. La Russia occupa, colle sue vaste regioni carbonifere, gran parte dell'Europa e dell'Asia, partendo dai dintorni di Cracovia, per arrivare, dilatandosi in tutti i sensi (Mare d'Azof, Volga, Urali, Mar Bianco, ecc.), al Mare Glaciale. Tra le asiatiche regioni è pur nota la China, come fornita di *carbonifero.* Lo stesso terreno fu riconosciuto nell'Australia (Van Diemen, Nuova Galles), e sopra vaste estensioni nell'America meridionale (Isole di Quevaya, Ande di Bolivia, Carangas, Moxes, Perù, ecc.).

450. Lo spessore della *formazione carbonifera* è assai considerevole ovunque, ma, come già accennammo, altro è terreno carbonifero, altro è carbón fossile. La *formazione carbonifera* copre un' estensione di 130000 miglia quadrate negli Stati Uniti, e si calcola di 148000 quella di essa formazione in tutto il Nord-America. Il suo spessore è di 2000 a 3000 piedi, e nell'America inglese, computandovi il *subcarbonifero*, di 14,570 piedi. Calcolando lo spessore complessivo dei letti di litantrace compresivi, si arriva al maximum di 120 piedi.

In Europa abbiamo assai meno. Il Belgio, la Francia, la Spagna, le isole Britanniche, danno un' area carbonifera di 18518 miglia quadrate, secondo Dana. Lo spessore è di 900 metri nel nord d'Inghilterra, con soli 25 metri di carbon fossile. Nella Galles del sud però il terreno carbonifero si sviluppa sino ad avere uno spessore di 3600 metri.

451. La paleontologia del *carbonifero superiore* può vantare, più che altro, una splendidissima *flora terrestre.* La fauna vi è proporzionatamente assai povera: per compenso offre uniti i caratteri di una fauna terrestre, d'acqua dolce, salmastra e marina. Sarebbe anzi la prima volta, partendo dalle origini del globo, che si distingue una vita marina da una vita lacustre. Gli animali sono foraminiferi, zoofiti, echinodermi, molluschi, articolati, pesci, rettili.

452. I foraminiferi, i zoofiti, i crinoidi, e gli echinidi, che caratterriz-

zano specialmente le formazioni calcaree, sono assai scarsi negli *strati a carbon fossile*, costituiti generalmente da arenarie e da schisti. Alcuni però se ne trovano in America, come *Fusulina cylindrica*, *Cyathaxonia prolifera*, *Poteriocrinus*, *Actinocrinus*, *Archæocidaris*. Lo stesso può ripetersi dei molluschi, i quali sono assai scarsi in Europa, ad eccezione di alcune località inglesi, ove sembrano appartenere ad antichi estuari. A Shrewsbury, p. es., crostacei riferibili ai *Cypris*, e conchiglie riferibili ai *Cyclas*, alle *Cyrena*, tutti generi d'acqua dolce, si associano ai *Microconchus*, riferibili al genere *Spirorbis*, anellide d'acqua salmastra. Nella contea d'York si incontrano letti con *Unio*, conchiglie d'acqua dolce, e nel mezzo della serie uno straterello assai esteso con conchiglie marine (*Goniatites Listeri*, *Orthoceras sp.*, *Avicula papyracea*). Più abbondanti si presentano i molluschi in America, ove si ritengono caratteristici, tra i brachiopodi, *Spirifer cameratus*, *Productus Rogersi*, *Chonetes mesoloba*, *Athiris subtilita;* tra gli acefali, *Allorisma subcuneata*, *Pecten aviculatus;* tra i gasteropodi *Bellerophon carbonarius*, *Pleurotomaria tabulata*, *Dentalium obsoletum;* tra i cefalopodi, *Nautilus missouriensis*, *Goniatites politus*, *Orthoceras oculeatum*.

453. Interessantissimo poi fra tutti i molluschi è la *Pupa vetusta*, gasteropodo polmonato, ossia conchiglia terrestre, la prima che si presenti nella serie geologica. Le *Pupa* abbondano ancora attualmente, sparse a miriadi sui nostri muricciuoli. Noterò finalmente, tra i non articolati, il già citato *Spirorbis*, anellide, ossia verme tubicolo, genere che vive nelle acque salmastre. Tutte le specie citate appartengono al Nord-America.

454. Gli articolati sono pochissimi; ma è meraviglioso il vedere come, in sì piccol numero, trovinsi i rappresentanti di quasi tutti gli ordini. I crostacei della famiglia de' *Trilobiti* scomparvero in Europa: esistono invece ancora in America, ma oltremodo scarsi. Caratteristica è la *Phillipsia missouriensis*. Il carbonifero d'Europa si distingue invece pei crostacei affini ai viventi, quali sono il *Bellinurus rotundatus*, molto affine ai *Limulus* dell'Atlantico; il *Gampsonyx fimbriatus*, somigliante alla *squilla;* l'*Anthracopalæmon Salteri*, e altri, che ricordano i nostri granchi e gamberi più communi di mare e d'acqua dolce.

Abbiamo poi un miriapodo (volgarmente centopiedi) americano, nel *Xylobius sigillariæ*, e un aragnide europeo, il primo scorpione che sia comparso sulla faccia della terra, nel *Cyclophthalmus Bucklandi*.

455. Gli insetti del carbonifero d'Europa rappresentano assai bene una piccola fauna forestale, che risponde per eccellenza all'ideale dell'epoca. Ci contiamo diversi nevropteri, tra cui le termiti, che avranno fin d'allora costituite le loro società ed eretti i loro grandiosi edifici; diversi

ortopteri, tra cui un grillo (*Acridites*), una locusta (*Gryllacris*) e le blatte (*Blattina primæva*, *B. venusta*) che infestavano l'Europa del pari che l'America: finalmente un coleoptero (*Traxites*).

456. I pesci formano uno de' più ricchi ornamenti della fauna carbonifera. Tra i ganoidi distinguevansi in Europa e in America, i generi *Palaeoniscus*, *Amblypterus*, e nell'America soltanto i generi *Cœlacanthus*, *Amblypterus*, *Eurylepis*, *Pygopterus*, *Rhizopodus*, ecc. Tra i placoidi i generi *Ctenoptychius*, *Helodus*, *Cladodus*, *Ctenacanthus* sono communi all'America ed all'Europa.

Agassiz ha descritto 150 specie di ittioliti, appartenenti al gruppo carbonifero: 94 appartengono alle famiglie delle razze del pesce-cane, ecc.; 58 ai ganoidi. Agassiz dovette stabilire una nuova famiglia, per collocarvi i suoi *Sauroidi* (*Megalichthys*, *Holoptychius*, ecc.), pesci carnivori, taluni di dimensioni enormi, che per certi caratteri si avvicinano ai rettili. Sarebbero perciò i pesci più perfetti, nel senso dell'organizzazione; più perfetti dei pesci attualmente viventi.

457. I rettili meritano speciale attenzione, come quelli che si possono dire appena introdotti nel grand'ordine della creazione. Anzi tutti nomineremo gli *Archegosaurus*, di Germania, di cui si descrissero tre specie. Erano rettili medî tra i sauri e i batraci, affini ai *Labyrinthodon*, cui troveremo nel trias, coperti di squame cornee, imbricate. L'*Archegosaurus Dechenii* (fig. 54) era lungo più d'un metro.

Fig. 54. *Archegosaurus Dechenii* Goldf. (Terreno carbonifero).

Le impronte non hanno mancato di rivelare, come vedremo ancor meglio nell'epoca triasica, l'esistenza di rettili giganteschi. Tali impronte si scopersero nei veri *strati a carbon fossile* nel Westmoreland, in Pensilvania. Lo strato, su cui si osservavano le impronte appajate, era d'indole fangosa, screpolato; aveva infine gli stessi caratteri degli schisti triasici del Connecticut, indicando, come diremo, un lido fangoso, percorso da rettili giganteschi. Anche quelle impronte furono attribuite ad un *Labirintodonte*, medio tra i batraci e i sauri; ma si desume da alcuni caratteri, che il rettile carbonifero differiva, anche pel genere, dai giganti del trias. Esso era però ancor più gigantesco. La specie fu nominata *Thenaropus heterodactylus*. Il *Raniceps Lyellii*, di cui fu trovato lo schelero a Linton (Ohio), è intermedio tra le rane e le salamandre.

Il *Baphetes planiceps* di Pictou (Nuova Scozia) era pur esso un rettile gigantesco, affine ai labirintodonti. Così il *Dendrerpeton acadianum* della Nuova Scozia, rettile lungo circa due piedi e mezzo. Diverse specie di *Hylonomus*, trovati col *Raniceps*, furono ascritti ai lacertiani. Finalmente nella Nuova Scozia si scopersero i resti dell'*Eosaurus acadianus*, gigantesco sauro natante, affine agli *Enaliosaurus*, o agli *Ichthyosaurus*, che ci appariranno così potenti nel lias.

458. La flora carbonifera è quanto di più splendido, di più meraviglioso, può offrire la serie delle epoche geologiche. Per formarsene un equo concetto bisognerebbe dar mano alle stupende monografie, onde sono celebri molti fitologi, tra cui distintissimo A. Brongniart. Nel *Manuale* di Lyell l'argomento è trattato, nel senso riassuntivo, come non si può meglio: a lui quindi mi attengo, quasi esclusivamente, anche per bisogno di abbreviare il più possibile una trattazione, che, appena assecondasse maggiori esigenze, uscirebbe ben presto dai limiti fissati a questo *Corso*.

Le piante carbonifere determinate fino a quest' oggi, sono, a quanto espone Dana, circa 600. Brongniart, a cui appoggia il Lyell le sue deduzioni, ne contava soltanto 500 circa. Anzitutto siamo colpiti dall'abbondanza delle *Felci*, le quali hanno una estrema rassomiglianza colle viventi: cosa assai rimarchevole, mentre la flora carbonifera in genere si stacca cotanto dalla flora attuale. Per la maggior parte quelle felci sono erbacee, come le viventi in Europa; alcune però erano arboree, come le felci del Brasile e de' climi più caldi.

459. Il genere *Lepidodendron* (fig. 55) vanta almeno 40 specie. Alcune erano alberi giganteschi, a tronco slanciato, cilindrico, coperto di foglie, a guisa di squame imbricate, che, cadendo, il lasciavano coperto di cicatrici. Il loro frutto consisteva in una specie di panocchia (*Lepidostrobus*), coperta di squame, e contenente gli sporangi e le spore (fig. 56). Il *L. Sternbergii* superava 15 metri di altezza. I *Lepidodendron* ritengonsi affini alle *Licopodiacee*, piante che abbondano nei climi tropicali.

Gli *Equisetum* raggiungevano fin l'altezza di metri 4,50.

460. La parte più tipica della flora carbonifera è costituita dalle *Calamiti*, dalle *Sigillarie*, e dalle *Stigmarie*.

Le *Calamites* (fig. 57) sono rappresentate da fusti cilindrici, cavi, articolati, e, all'esterno, scanalati. Eran dunque ritenute equisetacee gigantesche. Ma verificossi poi come alcune specie, riferite al genere *Calamites*, avevano un tronco pieno, con raggi midollari, e con altri caratteri dei vegetali *Dicotiledoni gimnospermi*, per cui non sarebbero più riferibili agli *Acotiledoni*. D'altra parte non si possono riferire nemmeno ai *Dicotiledoni*, da cui differiscono per diversi caratteri essenziali. Presentano adunque uno

di quei tipi eccezionali, in confronto colla natura attuale, di cui erano fecondi i due regni della natura organica, nelle antiche epoche del globo. Il presentarsi dei fusti carboniferi, sotto forma di tronchi cavi, dipende semplicemente dalla distruzione dell'interno, come vedremo più tardi.

461. Più ancora problematiche sono le *Sigillaria* (fig. 58), così chiamate dalle ampie cicatrici, in serie regolari, di cui, come da altrettanti suggelli' sono impressi i loro tronchi. Alcuni caratteri avvicinerebbero le *Sigillaria* alle felci arboree; ma 'e' pare avessero foglie lineari, lunghe, affatto diverse da quelle delle felci. La loro organizzazione interna le accosta alle *Cicadee*. I tronchi di *Sigillaria* hanno fin 21 metri di altezza, sopra metri 1,50 di diametro; erano cilindrici, regolari, scanalati, non ramificati. Nelle collezioni osserverete le molte volte tronchi di *Sigillaria* in forma di piastre o tavole rocciose, sottili, coperte di suggelli sulle due faccie. Sono tronchi così schiacciati per effetto della compressione. Vuolsi anche qui che l'interno molle del tronco si decomponesse prima dell'involucro corticale. I tronchi, divenuti per ciò cavi, una volta che si trovassero a formar parte degli strati terrestri, subivano assai più facilmente gli effetti della compressione.

Fig. 55. Estremità di un ramo di *Lepidodendron*.

462. Le *Stigmaria* (fig. 59) si mostrano sotto forma di tronchi irregolari, dicotomi, anzi ramificati, somiglianti nel complesso alle radici dei grossi alberi, coperte di tubercoli, talora perforati. Ebbero nome distinto, come fossero realmente un genere di piante a sè, finchè non se ne scoperse la vera natura. La scoperta è d'una importanza capitale per le conclusioni che se ne dedussero circa le origini del carbon fossile, l'indole degli strati carbo-

niferi, e i fenomeni geologici specialissimi dell'epoca carbonifora. Le *Stigmaria* non sono che radici dello *Sigillaria*. Gli spaccati di Sonth Joggins (Nuova Scozia), dice Lyell, mi han lasciato vedere delle *Sigillaria* in posizione verticale, e mi sono assicurato che dalla loro estremità inferiore partivano, come radici, lo *Stigmaria* (fig. 60). Esse radici nascevano in numero di quattro; poi ciascuna si biforcava, e le otto risultanti mostravano più lungi una nuova dicotomia. Ritorneremo sulle conseguenze cho si dedussero da talo scoperta. Le appendici, che riteneansi foglie, non sono che le radichette delle *Stigmaria*, impiantate nei tronchi, ossia nelle radici primarie, riempiendo un foro profondo. Levato le radichette, non restano, come è il caso ordinario, che le cicatrici in forma di tubercoli, cho ricoprono il tronco, disposti a spirale.

Fig. 56. *Lepidostrobus ornatus* Brong.

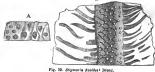
a. Lepidostrobus metà del vero. — *b.* Sezione che mostra gli sporangi fissi alla rispettiva brattea. — *c.* Spore negli sporangi mollo ingrandite.

Fig. 57. Estremità radicale di una *Calamites*.

463. Il dubbio che lasciano le piante finora numerate, ed altre moltissime, sopra l'elevatezza di qnesta, dirobbesi, *Flora primitiva*, è totalmente levato dalle *Conifere*. Le pianto citato infatti tutte si riferirono, più o meno dubbiamente, alle *Acotiledoni*, ossia alle *Crittogame*. Lo conifere invece appartengono ad una delle più elevate classi delle *Fanerogame*, cioè alle *Dicotiledoni gimnosperme*, cioè aventi i grani nudi, protetti da squamo. Le *conifere* del carbon fossile si riferiscono a diversi generi. Alcnne sono affini alle *Araucarie* viventi; avevano un tronco alto fino a 13 metri, e nn cilindro midollare, che si isolava internamente, essiccandosi, dal cilindro legnoso, ed era erroneamente distinto col nome di *Sternbergia*. Meritevole di menzione, come assai caratteristici, sono i *Trigonocarpon*, frutti di conifere, appartenenti a diverse specie, sparsi a profluvio in tutto lo spessore della formazione carbonifera, sicchè se ne possono,

Fig. 58. *Sigillaria lævigata* Brong.

in certe località, riempire dei panieri. Immaginate de' frutti ovoidi, della grossezza d'una nocciuola, costituiti da un grano solitario, involto entro quattro tegumenti, il primo de' quali carnoso, il secondo duro, e segnato

Fig. 59. *Stigmaria ficoides*[1] Brong.

A. — Frammento che mostra la forma dei tubercoli radicali.
B. — Moncone di *Stigmaria* colle radichette e i tubercoli radicali.

da tre coste, il terzo e il quarto membranosi. È la forma del secondo tegumento, il solo d'ordinario conservato nel fossile, che gli fece imporre il nome di *Trigonocarpon*.

464. I brevi cenni sulla Flora carbonifera sono ben lungi dal porgervi nemmeno una smorta idea della sua grandiosità, e sopratutto dal porvi davanti lo spettacolo di un mondo, convertito, direbbesi, in una vergine foresta. L'immaginazione deve stavolta attingere lena dal calcolo, ponendosi innanzi le reliquie di quella stupenda vegetazione, cioè i letti di carbon fossile. Il terreno carbonifero del Nord-America e dell' Europa occupe-

Fig. 60. Tronco di *Sigillaria*, con radice di *Stigmaria*. [1]

[1] Non credo che fino ad oggi le *Stigmaria* siano state studiate sufficientemente. Sotto il nome di *Stigmaria ficoides* si vedono classate nelle collezioni tutte le *Stigmaria* senza eccezione. Eppure alle diverse *Sigillaria* dovrebbero corrispondere diverse *Stigmaria*. Io credo anzi che siansi comprese nelle *Stigmaria* radici di piante di generi diversi, p. es., le radici di *Lepidodendron*. In una cava a Glasgow osservai abbondanti i monconi di *Lepidodendron* e di *Stigmaria* senza che ne vedessi alcuni di *Sigillaria*. Sta però sempre il fatto che le *Stigmaria* sono radici, e si trovano sotto ai letti di litantrace, mentre i tronchi di *Sigillaria* e di *Lepidodendron* si trovano sopra.

rebbe un'estensione prossima alle 200000 miglia quadrate. Assegnate dunque una tale estensione ai letti di carbon fossile, considerandoli riuniti sopra lo stesso piano. Ma considerate che dovunque i letti di carbon fossile si ripetono a differenti livelli; che nella Pensilvania si contano da 12 a 18 letti, sovrapposti a diversi intervalli, meritevoli di scavo; che da 15 a 20 se ne noverano nel Kentucky. L'estensione calcolata, andrà dunque moltiplicata per 12, per 15, per 20. Considerate ora che, se alcuni letti di carbon fossile non sono più grossi di un foglio di carta, altri hanno lo spessore di 30 a 40 piedi. Il famoso strato di Mauch Chunk, presso Pottsville (Stati Uniti), formato dalla riunione di sette strati, ha uno spessore di 11 a 12 metri. Il signor Lyell, calcolando che il carbon fossile stia al legno che lo ha prodotto, come 1 a 4, o come 1 a 5, ne inferisce che lo strato di Manch Chunk rappresenta una catasta di legna, alta da 60 a 90 metri. Sullo stesse norme, computando il *maximum* dello spessore complessivo dei letti carboniferi nel Nord-America in 120 piedi, pari a circa 37 metri, avremmo rappresentata una catasta di legna alta da 148 a 185 metri. Secondo i calcoli di Unger, riportati da Heer, un metro di carbon fossile equivale invece a 8^{m}, 76 di legno. La catasta acquisterebbe un'altezza di 324 metri, sopra una base di 148000 miglia quadrate, chè tale è l'estensione della formazione carbonifera nel Nord-America (§ 450). Ma ancora non è nulla, perchè l'estensione dei depositi carboniferi fu presa per l'estensione dei letti di carbone, quasi essi depositi presentassero sempre una stratificazione orizzontale. Che se invece la stratificazione è inclinata, quegli strati possono prolungarsi indefinitamente sotterra. Nulla toglie infatti, che gli strati di carbon fossile di Francia siano gli stessi che affiorano in Inghilterra, o che gli strati dell'Europa si continuino, per disotto l'Atlantico, con quelli d'America.

465. L'origine del carbon fossile è un problema, altrettanto arduo quanto interessante, per la storia del globo. Non parlo della sua origine chimica o mineralogica. È un processo metamorfico, un processo di trasformazione, del dominio delle forze endogene. Noi ce ne intratterremo nella endografia. Ammettiamo ora ciò che è perfettamente dimostrato, che i letti di carbon fossile non sono altro, in origine, che ammassi di vegetali. Come si formarono quegli ammassi? come si trovarono sottorra, trasformati in veri strati, componenti la crosta del globo? come hanno potuto ripetersi le tante volte, nella stessa serie stratigrafica?

466. I progressi della scienza hanno permesso di rispondere a tutti questi quesiti con una semplice proposizione in forma di assioma. I letti di carbon fossile rappresentano, in genere, altrettante foreste, sommerse sul luogo

ove crebbero, per effetto delle oscillazioni del globo, e sul luogo stesso successivamente trasformate. Mirabile artificio provvidenziale, col quale si ottenne di riporre il frutto di tante migliaja di anni a profitto di quell'essere intelligente, che doveva cercarvi il principale elemento delle sue meravigliose industrie, tanti milioni di anni più tardi!

467. Supponete una pianura maremmana, coperta, come si vede sovente, di vegetazione lussureggiante, di fitte boscaglie. Supponete che, per una di quelle oscillazioni terrestri, alle quali la scienza ci ha ormai resi famigliari, venga quella maremma a deprimersi, sicchè il mare l'invada su tutta la sua estensione. Quelle foreste si trasformeranno, in un tempo relativamente assai breve,[1] in deposito torboso, che potrà a suo tempo e secondo le circostanze, passare allo stato di lignite, di litantrace, ecc. Nulla di più facile, che il fondo torboso sia coperto da sedimenti marini, da fanghiglie, da sabbie, da ghiaje, pronte a trasformarsi, alla loro volta, in schisti, arenarie, conglomerati. Nulla di più facile che gli stessi sedimenti riescano, come di continuo si avvera sotto i nostri occhi, a colmare una certa estensione di bassi fondi, sicchè la parte di mare, stesa sulla prima foresta, divenga un'altra volta maremma, ove si addensi una seconda foresta. Se il suolo di nuovo si deprime, avremo un secondo letto di combustibile, cui si sovrapporrano altri strati sedimentari. Così via via, il giuoco potrebbe continuarsi indefinitamente, e avremmo una serie indefinita di strati rocciosi e di letti di combustibili fra di loro alternanti. Così avvenne difatti, durante l'epoca carbonifera, e le prove raccolte dai geologi sono molto bene adunate nel *Manuale* di Lyell, al quale pertanto si compete di diritto quanto andrò riferendo, nei seguenti paragrafi, circa l'origine della formazione carbonifera.

468. Il carbon fossile presenta d'ordinario una pasta così fusa, così omogenea, che ogni traccia di organismo vi è apparentemente cancellata. Il microscopio però giunge ancora a distinguervi le fibre, i tessuti, persuadendoci che si tratta veramente di piante. Di più scopronsi, tra il litantrace più puro, avanzi ancora ben conservati di vegetali facilmente determinabili. Gœppert riuscì a distinguere, in seno al puro litantrace, tutte quelle famiglie di piante, le quali si discernono, d'ordinario, soltanto negli strati rocciosi del terreno carbonifero. Questa prima scoperta lo condusse ad una seconda, ben più importante. Trovò che nei diversi letti di carbon fossile prevaleva alcuna delle diverse famiglie, o, come direbbero i botanici forestali, delle diverse *essenze*. Ora la prevalenza era delle *Sigillaria*,

[1] Si ricordino la foresta di Loehbronn, torbificata in quarant'anni, e gli altri esempî di rapida torbificazione, citati nella *Dinamica terrestre* (§ 368).

ora dei *Lepidodendron;* anzi talora i componenti il letto di litantrace erano, quasi esclusivamente, o *Calamiti*, o *Felci*, o *Stigmarie*.

469. Questi fatti non si potrebbero spiegare, nel supposto che i letti di litantrace derivino da fortuiti ammassi flnitati, o comunque adunati; bisogna dire pertauto, che trattisi di foreste metamorfosate in posto. Ma v' ha egli bisogno di cercare argomenti nel fatto, se il fatto stesso si presenta ovvio quanto può esserlo; se le foreste fossili esistono veramente negli strati carboniferi, e in tali rapporti cogli strati di carbon fossile da togliere qualunque dubbio circa la sua origine forestale? Trattasi ormai di uno dei fatti più volgari in geologia.

470. Attraversandosi, per lavori di ferrovia, il bacino carbonifero del Lancashire, vennero a scoprirsi, sullo spazio di circa 30 metri, sei alberi fossili, ritti, in posizione perpendicolare agli strati, che erano inclinati di 15 gradi. Essi alberi vedevansi nettamente inviare le loro radici entro uno schisto; e lo stesso schisto ora coperto di uno strato di carbon fossile, dello spessore di 20 a 25 centimetri. Superiormente allo schisto e allo strato di carbone si raccolsero a staja le panocchie dei *Lepidodendron*, ossia i *Lepidostrobus* (§ 459). I tronchi, ascondenti dallo strato di litantrace attraverso gli strati rocciosi sovrapposti, erano assai grossi. Uno di essi aveva $4^{m},75$ di circonferenza alla base, $2^{m},25$ alla sommità, e $3^{m},30$ di altezza. Consistevano in cilindri rocciosi, rivestiti di un inviluppo di litantrace, dello spessore di 6 a 18 millimetri. Evidentemente adunque la ferrovia aveva tagliato una foresta fossile di *Lepidodendron*, rappresentata dal letto di carbon fossile, della cui origine rimanevano testimonî quei soli tronchi superstiti, che vennero successivamente sepolti dai sedimenti rocciosi, o alla loro volta trasformati. Chi non saprebbe dirci la storia di quell'antica foresta, se ha badato a tutti i particolari del fatto? Sul suolo fangoso, ora schisto, attecchirono i *Lepidodendron*. Le loro radici si insinuarono, serpeggiando entro quel suolo, in cerca della linfa vitale. Sulla superficie di quel suolo stesso, dagli alberi cresciuti a maturanza, piovevano le eleganti panocchie dei *Lepidostrobus*, e la foresta crebbe densa e compatta, come si veggono le vergini foreste del Sud-America. Venne un giorno in cui la foresta fu sommersa dalle acque. In condizioni così anormali essa doveva perire. La massa legnosa trasformossi in uno strato torboso. Solo alcuni alberi più robusti sopravissero, spiegando i loro immensi pennelli sulla foresta torbificata, sulla cui superficie cadevano gli ultimi *Lepidostrobus*. In seno alle acque intanto si formavano nuovi depositi. Le sabbie e i fanghi, crescendo, andavano mano mano investendo i tronchi superstiti, che perirono e si torbificarono anch'essi. Per un processo di progressiva trasformazione la torba si converse in litantrace.

471. Esponendo il fatto e interpretandolo ne' suoi particolari, ho voluto risparmiare l'esposizione e l' interpretazione particolareggiata di cento e più altri, affatto consimili, i quali, come dissi, sono ormai cosa volgare pei goologi.

472. È un fatto conosciuto che i letti di litantrace giaciono, può dirsi costantemente, sopra un letto di schisti, arenacei o argillosi, cioè sopra una roccia di origine fangosa; quanto v' ha di meglio, per rappresentare un suolo di maremma o di palude, sul quale potesse crescere una foresta.

Fig. 61. Cava di carbon fossile del Treuil, presso Saint-Étienne.

Nella sezione di una parte del terreno carbonifero d'America già descritta (§ 447) noi vodiamo come, de' tre letti di carbon fossile, due giaciano sopra gli schisti con vegetali fossili, e uno sopra un'arenaria schistosa, e siano tutti e tre coperti da arenarie più o meno grossolane, che divengono anche conglomerati. Quella sezione non offre che un esempio locale di un fatto universale. I rapporti tra gli schisti, le arenarie e i letti di combustibile si mantengono costanti, non oso dire senza, ma quasi senza eccezione nel terreno carbonifero di tutte le regioni del globo. Gli schisti formano il pavimento dei letti di carbone; le arenarie il tetto. Costanti poi possono dirsi assolutamente i rapporti tra gli schisti e il carbone.

473. La figura 61 riduce a piccola scala, sulla copia offertane da Burat, [1]

[1] Burat, *Géologie appliquée*, vol I, pl. III, pag. 121.

il disegno della cava di carbon fossile del Treuil, delineata in origine di Bronguiart. Superiormente abbiamo una gran massa di arenaria, in grossi banchi, e veggonsi tronchi in gran numero, radicati a diversi livelli, o ritti normalmente agli strati, quasi direbbesi una foresta che si arrampica per entro la massa, seguendone lo sviluppo, mano mano che la massa si forma. A un certo punto f' fra gli strati d'arenaria si insinua un letto di ferro carbonato. Sotto la massa arenacea abbiamo un primo letto di carbon fossile c', il quale riposa sopra una gran massa di schisti s'. Pare, osservando il disegno di Burat, che gli schisti passino inferiormente all'arenaria; ma il testo dell'autore indica soltanto un secondo letto di ferro carbonato f, il quale, come è espresso evidentemente dalla figura, ha uno spessore molto considerevole, ed è, come si osserva credo invariabilmente, sparso di concrezioni pure di carbonato di ferro. Questo deposito copre un secondo strato di carbon fossile c, il quale riposa alla sua vòlta sopra una massa di schisti.

474. Gli schisti, che formano così costantemente il pavimento degli strati di carbone, sono quelli che diedero così ricco tributo alla *Flora carbonifera*, ricchissimi come sono di foglie e di felci erbacee, conservate come entro un accuratissimo erbario. Mentre quelle fanghiglie andavano deponendosi, è naturale venissero seminate di foglie, e coperte da un tappeto di erbe, finchè il suolo fosse disposto in guisa, che gli alberi di grosso fusto vi attecchissero, e vi si addensasse la foresta. Fatto sta che ossi schisti sono anche d'ordinario il dominio delle *Stigmaria*, nelle quali abbiamo riconosciuto le radici delle *Sigillaria* (§ 462), e d'altre radici. La figura 62 rappresenta, in via teorica, i rapporti tra i letti di carbon fossile, o gli strati superiori e inferiori che lo incassano, e i rapporti tra i vegetali, radici e tronchi, o i diversi strati, nel caso che si incontri una foresta carbonifera. Il carbon fossile riposa sugli schisti, ed è coperto dalle arenarie. Gli schisti sono la regione delle radici, p. es. dello *Stigmaria*; le arenarie la regione dei tronchi, p. es. delle *Sigillaria*. Ma i tronchi si perdono, per dir così, nel carbone, per rinascere radici negli schisti. Questo è il caso citato nel paragrafo precedente. Sopra gli schisti giace la massa del carbon fossile, che rappresenta la foresta trasformata, fusa in una massa bituminosa. Non indaghiamo ora come ciò avvenne; basta il fatto che masse arenacee, talora enormi, stanno sopra il letto di carbone:

Fig. 62. Spaccato teorico di una foresta carbonifera.

a. Schisti. — *b*. Carbon fossile. — *c*. Arenarie. — *r*. *Stigmaria*, ossia radici. — *t*. Tronco di *Sigillaria*.

il che vuol dire che quella foresta venne un giorno sepolta sotto una massa di sedimenti, dunque precedentemente sommersa. Ciò basta a dar ragione della trasformazione dolla foresta in un letto di combustibile fossile.

475. Alcuni tronchi porò (talora moltissimi) o non furono abbattuti, o anche continnarono a crescere e prosperare, mentre i sedimenti si accumulavano sul piano sommerso della foresta; e noi li troviamo ritti entro gli strati, che attraversano per decine di metri, pur tenendosi confitti colle radici al disotto dello strato di carbone. Anzi ogni strato di sedimento, che si andava sovrapponendo, poteva divenire alla sua volta un nuovo suolo, ove novelli alberi si radicassero. Possiam trovare perciò alberi radicati a differenti livelli, nelle grandi masse gresose, che ricoprono gli strati di litantrace, come nel caso della foresta carbonifera del Treuil (fig. 62). Poteva anche sul nuovo suolo addensarsi una nuova foresta, e non ci meraviglieremo quindi di trovare strati di litantrace, ossia foreste fossili, sovrapposti a intervalli.

476. Insisto nel citare esempî, perchè importa troppo di levare ogni qualunque dubbio potesse rimanere nel lettore circa l'origine forestale del carbon fossile, dovendone cavare argomento per stabilire le condizioni, e narrare la storia di un'opoca così singolare non solo, ma di tutto il passato. Nulla di più commune in Inghilterra dollo propagini radicali negli schisti sottoposti ai letti di litantrace; nulla di più commune dei tronchi che, dal litantrace, si sollevano perpendicolarmente agli strati sovrapposti. I minatori inglesi hanno assai timore di questi *tubi del carbon fossile* (coal-pipes). Una volta sottratta, mediante lo scavo del litantrace, la base a quegli enormi cilindri di roccia, vincendo essi la debole coesione di quel velo di carbon fossile che rappresenta la parte corticale dell'albero, sfondano, imprevedati, il tetto della galleria. Guai al povero operajo cho si trovasse in quel punto! Quasi ogni anno, per questo motivo, si verificano disgrazie nelle miniere di Bristol, di Newcastle, ecc.

477. In una galleria di Newcastle si osservò un gran numero di *Sigillaria* nella loro posizione normale. Più di 30 se ne contarono sopra uno spazio di 50 metri quadrati; alcuni tronchi avevano un diametro di $1^m,20$ a $1^m,50$. Un tronco, che misurava 22 metri, attraversando gli strati di grès, si scoperse a Gosforth. L'interno, convertito in calcaro, rivelava però ancora al microscopio il tessuto legnoso. Potei ammirare io stesso una foresta fossile, in via d'essere scoperta, nella città di Glasgow, dove si era aperta una cava di sassi nel carbonifero, per la costruzione della università. Duo grossi tronchi erano gia scoperti. Erano perfettamente radicati nello strato sottoposto, precisamente come vediamo radicarsi nel

suolo della foresta i nostri castagni. Dalle macerie di quella cava raccolsi i bellissimi monconi di *Lepidodendron* e di *Stigmaria*, depositati al Museo di Milano.

478. A Parkfield Colliery (Staffordshire) si scopersero, sopra un'area di qualche centinajo di metri, più di 73 grossi tronchi, aventi fin 3 metri di circonferenza, spezzati appunto alla radice, abbattuti alla rinfusa, quasi dalla violenza di un uragano; quindi compressi, e ridotti ciascuno in una sottile lamina di carbone. Le loro radici servivano in parte a costituire un letto di carbon fossile, dello spessore di 25 centimetri, riposante sopra un letto di argilla di 50 millimetri; al disotto dell'argilla scoprivasi una seconda foresta, nascente essa pure da un letto di litantrace; più sotto ancora, una terza foresta di *Lepidodendron*, *Calamites*, ecc.

479. In Francia, oltre la già descritta del Treuil, altre foreste furono constatate da Lyell nello stesso bacino di Saint-Étienne.

480. Meravigliosi sono gli esempi offerti dall'America. Le coste erose di un braccio della baja di Fundy, dette South Ioggins, presentano un magnifico spaccato, disegnato da Lyell, ove si nota l'alternanza di molti strati di carbon fossile con strati rocciosi. Una quantità di tronchi, principalmente di *Sigillaria*, perpendicolari agli strati, sorgono dai letti di litantrace, che si sovrappongono a diversi intervalli. Logan ebbe a contare 17 di quelle fossili foreste, poste a 17 livelli differenti sull'altezza, ossia entro lo spessoro di 1376 metri di terreno. Nelle argille soggiacenti ai letti di carbon fossile abbondavano le *Stigmaria*. Più tardi Lyell e Dawson, tenendo calcolo, non solo dei veri letti di litantrace, ma anche degli strati, ove si incontravano delle radici, riuscirono a contare 68 antichi suoli entro lo spessoro di 426 metri.

Al Capo Breton, R. Brown ha potuto constatare l'esistenza, nel bacino carbonifero di Sidney, di 59 foreste fossili, sovrapposte l'una all'altra, entro la massa carbonifera, che vanta colà 500 metri di spessore.

481. I letti di carbon fossile sono dunque foreste sepolte, o lo furono, perchè prima sommerse. Se di ciò rimane alcun dubbio, si badi, che gli strati sovrapposti e tutta la formazione carbonifera sono d'indole affatto sedimentare, detritica: è quindi d'origine meccanica, cioè formata o da fanghiglie, o da sabbie, o da ghiaje, prima finitate, poi deposte sul fondo del mare. Essi sedimenti sono inoltre ricchi di pesci, di conchiglie marine, salmastre o d'acqua dolce. La conversione di esse foreste in litantrace fu una conseguenza necessaria della sommersione e del seppellimento. Molti tronchi però poterono sopravvivere, o almeno reggersi lungo tempo, finchè fossero sepolti dai successivi sedimenti.

482. Vorremmo anche sapere come tali tronchi siano, per lo più, vuoti,

cioè convertiti in un cilindro roccioso, entro una vagina carboniosa. Il cilindro roccioso è prodotto evidentemente dal riempimento della parte corticale, per mezzo del sedimento, previa la distruzione del legno. La vagina è la stessa corteccia trasformata in carbone. Come mai il legno si distrusse, rimanendo intatta la corteccia? Come mai il tubo corticale rimasto fu riempito di sedimento? — Bisogna riflettere, che i tronchi rimasti sono d'ordinario assai grossi, e quindi assai vecchi; e, di più, dovettero restare scoperti lungo tempo, o prima di venir sommersi, se il sommergimento del suolo avvenne lentamente, o certamente dopo, fino a tanto che non si deponesse un sedimento, che superava talora i 20 metri di altezza. Non è meraviglia dunque che presentassero quel fenomeno, il quale si avvera così sovente anche nelle nostre foreste, ove si veggono i tronchi, principalmente i vecchi castagni, ridotti a un semplice tubo corticale, eppure ancor vivi e vegeti. Lo stesso avviene, dice Lyell, dei tronchi di *Betula papyracea* nella Nuova Scozia. Il fenomeno si verifica ancora più facilmente, secondo Hawkshaw, nelle foreste tropicali. Questa distruzione, aggiunge l'autore, ha luogo rapidamente sopratutto nei luoghi bassi e piani, ove il suolo, fitto, fecondo, eccessivamente umido, nutre una vegetazione lussureggiante di palme e d'altri alberi giganteschi, sopra i quali crescono dei bambou, delle canne da zucchero, ecc. Quei piani, così poco elevati, possono essere facilmente sommersi. Nulla che meglio risponda all'ideale delle antichissime foreste carbonifere.

483. Una volta che i tronchi, così ridotti dalla decomposizione, si sommergano, è naturale che i sedimenti si modellino nel cavo, o il tubo verticale, morendo, subisca esso pure finalmente la conversione in litantrace.

484. Alcuni tronchi sono, sotto questo rapporto, veramente storici, seco portando i documenti della loro sommersione, del loro seppellimento, anzi della sommersione e del seppellimento della foresta a cui appartenevano; dirò di più, dei grandiosi fenomeni che si operavano sulla terra in quell'epoca meravigliosa. In un tronco, osservato da Lyell nel bacino della Nuova Scozia, vedevansi gli strati del sedimento interno, ossia del riempimento, affatto diversi per natura e per disposizione, dagli strati esterni, che lo circondavano. Gli strati esterni erano tre; gli interni nove. Evidentemente quel tronco era stato sommerso e interrito dai sedimenti che gli si accumulavano dintorno; ma essi non poterono invadere l'interno, protetto dal tubo corticale. Solo quando la sedimentazione ebbe guadagnata la sommità del tronco, potè precipitarvisi per disopra, e formare, nell'interno di esso, un nuovo sistema di strati.

485. Molti tronchi si rinvennero coperti, al di fuori, e fin talvolta al di dentro, di innumerevoli *Microconchus*. Sono, come accennammo, piccolissimi

anellidi, affini al genere *Serpula* e *Spirorbis*, che secretano un tubo calcareo, o si appiccicano ai corpi stranieri. Gli *Spirorbis* abitano le acque salmastre. Quei *Microconchus* avevano vissuto, o si erano propagati su quei tronchi, rimasti lungo tempo sommersi, ma non interriti.

486. Un tronco di *Sigillaria*, scoperto pur esso da Lyell e da Dawson nella Nuova Scozia, ha con sè tutta la storia di un'epoca. Espongo la cosa come è narrata da Lyell e con migliori particolari da Dana, il quale sembra averli ricevuti da Dawson. L'albero aveva 60 centimetri di diametro; era cavo, cioè consisteva in un cilindro corticale di carbone, riempito di una mistura di fango e di sabbia, con frammenti carboniosi. Impigliati in quel sedime si scopersero gli avanzi di tre o quattro rettili batraci (*Dendrerpeton accadianum*). Associati a questi resti trovaronsi più di 50 esemplari della *Pupa vetusta*, la lumaca terrestre più antica che sia nota finora; un *Miriapodo*, affine al genere *Julus*, animale terrestre; infine i soliti *Spirorbis* (*Microconchus*), anellidi d'acqua salmastra. Dawson è d'avviso che quelle *Pupa*, colà raccolte in sì gran numero, non sinno che reliquie dei pasti dei rettili. Eccovi così in quel tronco un piccolo mondo, che può ingrandirsi agli occhi della fantasia, e più ancora agli occhi della ragione. Voi vedeto, in quella lontanissima epoca, una foresta densa di alberi giganteschi: i luridi batraci escono dal cavo tronco, ove si scelsero il covo, e danno la caccia alle pigre lumache, striscianti sull'umido suolo: i miriapodi, amici delle tenebre e dell'umido, si rannicchiano entro il fesso delle madide corteccie. Ma la scena si muta: la foresta scompare in seno alle onde; gli anellidi palustri si impadroniscono dei tronchi inghiottiti dalla laguna, finchè tutto è spento e sepolto nel fango che si addensa in fondo alle acque. Un tronco, alcuni ossicini, un insetto, poche conchigliuzze, rimangono soli testimonî, dopo tanto rimutarsi di secoli, di un cataclisma, lento sì, ma che portò forse la completa trasformazione di due emisferi.

487. Come si spiega ora quel sommergersi delle foreste carbonifere, o più di tutto quell'accumularsi di centinaja di strati sedimentari, alternanti con forse centinaja di foreste, di cui l'ultima dista dalla prima centinaja e centinaja di metri d'altezza verticale? Lyell cita diverse foreste sottomarine, sulle coste d'Inghilterra, che probabilmente scivolarono dai lidi, minati dalle onde o dalle sorgenti. Alternanze di letti torbosi, e di strati argillosi o sabbiosi, si verificano, anche a discreta profondità, sul delta del Reno in Olanda, e del Po a Venezia. La mutabilità dei littorali, specialmente le condizioni speciali delle lagune, ove possono alternare a più riprese la vegetazione palustre e gli interrimenti, possono dar ragione di certe alternanze, anche a profondità non mediocre. Ma altro è parlare di

vegetazione palustre, altro di sterminate selve terrestri: altro è discorrere di qualche cinquantina di piedi di profondità, altro è vedersi innanzi un abisso di migliaja di metri (§ 486): altro finalmente è ragionare degli accidenti di una laguna, altro è dover calcolare sopra estensioni di centinaja di migliaja di miglia: diremo anzi sopra estensioni continentali. Non c'è altro mezzo, per spiegare tanta moltiplicità e tanta imponenza di fatti, che di riccorrere al fatto, egualmente molteplice e grandioso, delle oscillazioni della crosta terrestre. Le foreste fossili, ossia i letti di litantrace, ne divengono uno de' testimonî più irrefragabili.

488. Supponiamo una prima foresta maremmana, sopra un suolo paludoso, e appena tanto elevata sopra il livello del mare, quanto lo sono le attuali pianure dei gran delta. Una prima depressione del suolo la sommerge. L'accumularsi di sedimenti, elevando il fondo del mare, fabbrica un nuovo suolo, su cui cresce una nuova foresta, destinata a sommergersi, per effetto di una seconda depressione del suolo: e il giuoco si ripeterebbe le cento volte, quando le cento volte si alternassero le oscillazioni dall'alto al basso, con altrettanti periodi di riposo, in cui potesse il fondo levarsi, e le foreste rinascere e svilupparsi. E così avvenne infatti le cento volte, come lo attestano i cento suoli e le cento foreste, costituenti il terreno carbonifero dell'antico e del nuovo continente. Per spiegarvi i mille fenomeni di questo crearsi e rimutarsi di fondi, di questo colmarsi di lagune e di bassi fondi, non dovete far altro che riandare quanto si è scritto sulla attuale formazione dei delta,[1] specialmente i paragrafi che riguardano i littorali e la coltura dei Paesi Bassi.[2] Nulla, io credo, v'ha che meglio risponda alla configurazione e all'ideale delle vicissitudini del terreno carbonifero, quanto la configurazione dei Paesi Bassi, supposta una serie di depressioni, succedentisi ad intervalli, che rinnovassero tante volte le condizioni identiche di quella classica regione. Supponete che oggi ad un tratto quel paese si sprofondasse una ventina di metri sotto il mare, colle sue foreste, colle sue pianure erbose, colle sue torbe, co' suoi letti di sabbia e di fango. Il Reno non cesserebbe per questo di agire a suo modo, di trascinare dall'interno del continente e sabbie e fanghiglie, finchè avesse rifabbricato, in concorso col mare, il suo delta, affatto simile al primo; finchè avesse ricostrutto l'intera regione de' Paesi Bassi, co' suoi letti di sabbia e di fango, colle sue torbe, colle sue pianure erbose, colle sue foreste. E quando cento volte il mare inghiottisse il delta del Reno, cento volte il Reno lo rifabbricherebbe, e cento regioni affatto somiglianti

[1] *Dinamica terrestre*, Cap. VIII.
[2] *Ib.*, § 270-274.

si sovrapporrebbero. Avremmo una riproduzione della formazione carbonifera, salve le differenze portate dalle condizioni diverse delle epoche, dei climi, ecc. Se, p. es., mantenute del resto le attuali condizioni dei Paesi Bassi, li trasportassimo sotto il cielo, ove crescono le impenetrabili foreste del Rio delle Amazzoni, sarebbe completo l'ideale di una regione carbonifera. In tale avvicinamento di regioni attuali alle regioni carbonifere, i Paesi Bassi ci prestano il tipo orografico, come le immense pianure del Rio delle Amazzoni ci prestano il tipo orografico e il tipo climatologico insieme.

489. Se la regione dei Paesi Bassi ci rappresenta così bene una di quelle antiche regioni maremmane, che si coprivano di vergini foreste, destinate a trasformarsi in letti di carbon fossile mediante l'abbassamento della stessa regione; ci offre anche nella sua attuale costituzione fisica, e nelle sue vicissitudini, così ben descritte da E. De Beaumont nelle sue *Lezioni di geologia applicata*, una facile spiegazione dei rapporti così costanti fra i diversi depositi che costituiscono il terreno carbonifero. Abbiamo veduto (§ 480) come gli schisti formino costantemente il pavimento del carbone, e le arenarie ne formino ordinariamente il tetto. Cercando la ragione di questo fatto nella costituzione e nelle vicissitudini dei Paesi Bassi, cominciamo a osservare come il littorale presenti un grande apparato di dune, di montoni, di banchi di sabbia: il che vuol dire che i fondi marini, in vicinanza dei Paesi Bassi sono fondi sabbiosi. L'apparato littorale divide il mare dalla regione delle lagune, delle torbiere, delle basse terre, ove così mirabilmente si esercita l'industria agricola degli Olandesi. Sappiamo come immense porzioni di lagune non sono inondate che dall'alta marea, alcune ogni giorno, altre, più elevate, a più lunghi intervalli. Sappiamo anche come le lagune, i seni tranquilli, riparati dietro il cordone littorale, tendono a interrirsi. Le onde del mare, frangendosi contro l'apparato littorale in continuo progresso, e depostivi i più grossolani detriti, penetrano tranquille nei seni e nelle lagune, ove depongono, specialmente durante l'alta marea, i materiali più fini, tenuti in sospensione. Quei materiali si depongono in forma di letti di fango, i quali vanno mano mano colmando i seni e le lagune.

490. Il lettore intenderà facilmente come, col descritto processo, le terre dei Paesi Bassi vadano continuamente avanzandosi in mare; come avvenga cioè la progressiva trasformazione dell'aperto mare in laguna, della laguna in maremma, della maremma in terra asciutta. È del resto un processo già descritto ampiamente quando ci intrattenemmo della formazione dei delta.[1]

[1] *Dinamica terrestre*, Parte prima, cap. VIII.

491. Questa trasformazione è anche molto bene descritta da E. De Beaumont, quale si verifica appunto in Olanda. Sui bassi fondi sabbiosi, detti *Watt*, o banchi di grosse sabbie, il mare abbandona ogni giorno una porzione di fini sedimenti. Il banco si alza a poco a poco, e sul fondo, divenuto fangoso, comincia a stabilirsi la *Salicornia herbacea*, vera pianta acquatica. Alzandosi il fondo ancor più, la *Salicornia* intisichisce per penuria di acqua, ed è mano mano sostituita dall'*Aster tripodium*, alberello che raggiunge i sei piedi di altezza, e forma già una piccola selva, la quale, arrestando il detrito, promove rapidamente l'elevazione del fondo. Mano mano che il fondo riesce al livello dell'alta marea, la *Plantago marittima*, pianta erbacea, si sostituisce all'*Aster*, e il fondo diventa un *Heller*, cioè un pascolo, una maremma. È allora che l'Olandese prende possesso di quella terra neonata, e, difendendola dalle invasioni delle alte maree, mediante le dighe, converte l'*Heller* in *Polder*, campo arativo, fecondissimo. Quand'anche l'uomo non affrettasse il lavoro della natura, la natura lo compirebbe ugualmente senza l'uomo: la laguna si convertirebbe ugualmente in maremma, e la maremma in pianura asciutta, dove verrebbe a stabilirsi dapprima una vegetazione erbacea, quindi una vegetazione arborea. Questo è il caso di tutte le maremme, quando l'uomo non disturbi il lavoro della natura: le maremme si coprono di foreste.

492. Venendo all'applicazione, per spiegare i rapporti costanti tra i depositi costituenti il terreno carbonifero, supponiamo che, conformemente alla teorica esposta, la regione dei Paesi Bassi venga a subire un abbassamento. Il mare invade le attuali bassure, sommergendo le foreste, che per avventura le rivestono. Quelle foreste si trasformano in uno strato di torba (a suo tempo di carbon fossile) che riposerebbe sopra un pavimento di fanghi (a suo tempo di schisti). Ma la regione invasa dal mare sarebbe entrata nel dominio dei *Watt*, costituirebbe cioè un fondo, ove si accumulano le sabbie. Quello strato di torba verrebbe dunque coperto dalle sabbie (a suo tempo da un deposito di arenarie). Ma la natura ripiglia il suo lavoro di progressiva trasformazione. La regione delle sabbie si converte in regione di bassi fondi fangosi, questa in maremma, e la maremma in pianura, ove rinascono le foreste, destinate a produrre, mediante un nuovo abbassamento del suolo, un nuovo strato di combustibile fossile. Si rinnovi cento volte questa vicenda, e avremo cento letti di combustibile, riposanti ciascuno sopra una massa di fanghi ossia di schisti, e coperti di una massa di sabbie ossia di arenarie.

493. Ma io ho scelto ad esempio le basse terre del Reno, per la sola ragione che le condizioni e le vicessitudini di quel delta ci son note più di quelle di altri delta oceanici. Ma che direste voi, se le condizioni, le vere non

solo, ma anche le supposte, dei Paesi Bassi si verificassero per l' immensa regione alluvionale del Gange, in condizioni climatologiche così prossime a quelle delle antiche regioni carbonifere? Se stiamo a quanto ne riporta Lyell, l' analogia del delta gangetico coi bacini carboniferi dell' Inghilterra, del Capo Breton, della Baja di Fundy, ove si ripetono tanti suoli e tante foreste a differenti livelli, è veramente meravigliosa. Alberi, ancora radicati, si scopersero a Calcutta, alla profondità di 2 a 3 metri. Un traforo artesiano rivelovvi una serie di antichi suoli, coperti di foreste e di torbiere, fino alla profondità di 90 metri sotto il livello del mare. Ciò non si spiega che ammettendo il recente deprimersi di quella regione, che forse continua ancora. Così il fenomeno del terreno carbonifero si ripete in oggi sotto i nostri occhi.

494. Può rimanervi ancora una difficoltà da opporre alla teorica esposta. — Come mai colla sommersione delle foreste, e col successivo deporsi dei sedimenti, può conciliarsi tanta purezza del carbon fossile? — Facilmente concepite però, come basti una vegetazione appena fitta, a formare una specie di graticcio, da cui l' acqua sorta come filtrata; tanto più che le forme litologiche ordinarie del terreno carbonifero, arenarie e schisti, accennano a tutt'altro che a violenti inondazioni. Le torbe, che si formano sul fondo dei nostri laghi, sono anch'esse abbastanza pure, ed offrono anch' esse talvolta un combustibile fuso in una pasta omogenea. Eppure sono lembi littorali, constano di vegetali di nessuna consistenza, e non hanno a che fare colle sconfinate foreste carbonifere. La Sunk Country (paese sprofondato) è una vasta depressione, prodotta da un terremoto, presso Nuova Madrid, nella parte occidentale della valle di Mississipi, convertita in vasta palude. Vi si vedevano ancora emergere degli alberi, rimasti diritti assai tempo dopo il terremoto del 1811-12, mentre sul fondo vegetavano le piante palustri. Parecchi fiumi, dice Lyell, hanno inondato annualmente quello spazio; ma nessun sedime ha violati i confini della palude, tanto è fitta la cerchia marginale dei roseti o dei cespugli, che la ricinge. Le foreste dei famosi cipressi della Luigiana (*Taxodium disticum*, i cui tronchi hanno fin da 13 a 39 metri di circonferenza) sono in genere piuttosto paludi che selve: sono soggette, ad ogni modo, a frequenti inondazioni. Quando, dice Lyell, i forti calori mettono a secco quelle paludi, avvenendo che il fuoco si appicchi alla boscaglia, l'incandescenza discende fino al pelo delle acque, nè rimane alcun residuo di materie terrose.

495. Volete del resto formarvi un' idea di quelle foreste carbonifere, per apprezzare equamente i fenomeni che dovevano tener dietro alla loro sommersione? Io non posso altro che richiamarvi ancora alle vergini foreste

dell'America equatoriale. Ma questa volta vo' recarvi alla lettera alcuni passi di Humboldt, ove descrive le foreste vergini del doppio bacino delle Amazzoni e dell'Orenoco, ove infine voi vi trovate precisamente in uno di quei periodi carboniferi, che dovete immaginare ripetuti le tante volte nell'epoca carbonifera, per effetto di successive depressioni del suolo.

496. « Se (per foresta vergine o primitiva) si intende, scrive Humboldt, una regione impenetrabile, dove anche l'accetta non riesce ad aprirsi la via, attraverso una siepe di alberi di otto a dodici piedi di diametro; la foresta primitiva è un esclusivo retaggio de' tropici. Non sempre, come lo si immagina in Europa, le liane arrampicantisi, sarmentose, flessibili, sono la causa della impenetrabilità; le liane non formano spesso che piccolissime macchie. Gli alberi fruttiferi, densi dovunque, sbarrano principalmente la via. Quanto vegeta in quella zona, tutto è legnoso....

» Gettando uno sguardo sulla regione boschiva, che occupa tutta l'America meridionale, dalle savane della Venezuela (*los llanos de Caracas*), fino ai pampa di Buenos-Ayres, tra l' 8° di latitudine nord, e il 19° di latitudine sud, si riconosce come questo legnaio (ὑλαίον) della zona tropicale, sorpassa in estensione tutto le altre regioni forestali del globo. La sua superficie è di circa 12 volte quella della Germania. Attraversata per tutti i versi da fiumi, i cui confluenti, di primo e di secondo ordine, superano talvolta, per l'abbondanza delle acque, il nostro Danubio e il nostro Reno, questa contrada deve l'esuberanza meravigliosa della sua vegetazione arborea *all'influsso combinato dell' umidità* e *del calore*....

» L'uniformità dei gruppi (che distingue le foreste settentrionali) è straniera alle foreste tropicali. A così enorme moltiplicità delle specie, componenti quella flora silvestre, sarebbe vano il domandare: di che si compongono le foreste primitive. Prodigioso è il numero delle famiglie che vi si pigiano; e appena si scorge qualche spazio occupato dalla stessa specie....

» I jaguar (il jaguar nero, una delle tigri più grosse e più sanguinarie) spinti, diceva un Indiano delle tribù dei Durimondi, dai loro istinti di vagabondaggio e di rapina, si ficcano entro macchie così impenetrabili, che loro riesce impossibile il dar la caccia sul suolo; costretti perciò a vivere lungo tempo sugli alberi, divengono il terrore delle scimmie e degli scojattoli [1] ».

497. Con quanto si è detto sull'origine forestale del carbon fossile, non

[1] HUMBOLDT, *Quadri della natura. — La vita notturna degli animali nelle foreste primitive.*

si vuole escludere qualunque altra origine di ammassi di combustibile. Più accurate indagini, riveleerebbero certamente letti e ammassi di litantrace, o di antracite, i quali hanno la stessa origine delle torbiere, o derivano da antichi *sargassi* [1] o da accumulazioni analoghe a quelle, che si operano attualmente nei laghi o negli estuarî per effetto delle correnti di terra [2], o in mare per opera delle correnti marine [3]. Osserverò, p. es., come gli *Asterophyllites*, piante diverse che abbondano nei terreni carboniferi, siano ritenuti da Newberry piante acquatiche, le quali, per mezzo delle foglie larghe, che ne guarnivano la sommità, si tenessero galleggianti sulla superficie delle acque, a modo delle ninfee de' nostri stagni. Molte volte in America, negli ammassi di carbon fossile, scopronsi conchiglie marine: tale fatto si spiegherebbe da Dana coll' ammettere appunto, che isole galleggianti di legname fossero travolte in mare, come oggi avviene, o, comunque, si formassero in seno al mare accumulazioni di piante terrestri. Per sventura noi non siamo in paese addatto a tal genere di indagini. Del resto, in linea geologica, il fatto constatato, che moltissimi letti di carbon fossile rappresentano vere foreste, nate, cresciute o sommerse successivamente entro lo stesso spazio, è il fatto più interessante e più fecondo di deduzioni.

498. Circa la climatologia del periodo carbonifero, dirò ora semplicemente, che le foreste carbonifere sono, per me, un indizio sicuro di un clima caldo, umido, uniforme. Le foreste carbonifere lussureggiavano alla isola Melville, allo Spitzberg, alla Nuova Zembla, tra il 70° e l'80° di latitudine nord.

499. L'identità delle specie animali e vegetali nelle regioni artiche, del pari che nelle più meridionali di Europa « ci hanno condotto a credere, scrive Murchison, che in tutti questi antichi periodi (paleozoici), allorchè le stesse specie di conchiglie vivevano in mari, distanti l'uno dall'altro oltre 4000 miglia; e quando i primi paesi selvosi, fossero artici o equatoriali, producevano le stesse grandi piante acrogene (origine di tutti i grandi depositi carboniferi): doveva esservi ovunque un profilo più basso o più uniforme delle superfici, e regnarvi quindi un clima infinitamente più equabile ed universale, se non anche più caldo di quello non sia l'attuale [4] ». Ritorneremo presto su questa questione.

500. Tale uniformità di clima dovea favorire la universalizzazione della

[1] *Dinamica terrestre*, § 286.
[2] *Ib.*, § 360-362.
[3] *Ib.*, § 363.
[4] Savi e Meneghini. *Memoria sulla struttura geologica delle Alpi*, ecc. Firenze, 1851.

fauna e della flora; e sotto questo rapporto la *flora carbonifera* è meravigliosamente affermativa. Secondo Lyell, quattro quinti dei vegetali raccolti nella Nuova Scozia, sono identici a specie d'Europa. Identiche specie compaiono tanto negli strati della zona torrida, quanto in quelli delle regioni artiche.

501. Credo opportuno in proposito di trascrivervi una preziosa tabella numerica, compilata da Lesquereux nel 1860, riportata da Dana,[1] ove sono indicate le specie particolari all'Europa e all'America, e le comuni ai due continenti. È un prezioso documento della ricchezza della flora, della uguaglianza del clima e delle condizioni fisiche delle due regioni, della uniforme distribuzione dei vegetali: tre stupende caratteristiche dell'epoca carbonifera.

Generi di piante carbonifere	Specie proprie all'America	Specie proprie all'Europa	Specie communi ai due continenti
Nœggerathia Sternb.	3	5	1
Cyclopteris Brngt.	1	2	2
Neuropteris Brngt.	21	16	12
Odontopteris Brngt.	6	6	3
Dictyopteris Gutb.	1	1	0
Sphenopteris Brngt.	20	41	12
Hymenophyllites Göpp.	8	10	2
Rhodea Sternb.	0	1	0
Trichomanites Göpp.	0	4	0
Steffensia Göpp.	0	1	0
Beinertia Göpp.	0	1	0
Diplazites Göpp.	0	2	0
Woodwardites Göpp.	0	2	0
Alethopteris Sternb.	12	20	9
Callipteris Brngt.	2	1	1
Pecopteris Brngt.	16	49	12
Aphlebia Sternb.	0	6	1
Caulopteris Brngt.	4	4	0
Psaronius Brngt.	10	6	0
Crematopteris Schp.	1	0	0
Scolopendrites Lsqx.	1	0	0
Whittleseya Newb.	1	0	0
Cordaites Ung.	1	0	2
Diplotegium Corda	0	0	1
Stigmaria Brngt.	5	2	5
Riporto. . .	113	180	63

[1] *Manual*, pag. 355.

Generi di piante carbonifere	Specie proprie all' America	Specie proprie all' Europa	Specie communi ai due continenti
Riporto	113	180	63
Sigillaria Brngt.	21	37	17
Syringodendron Brngt.	2	2	2
Diploxylon Corda	0	0	1
Lepidodendron Brngt.	14	10	11
Ulodeodron Rhode	0	4	2
Megaphytum Artis	2	4	0
Knorria Sternb.	2	1	2
Halonia Ll., etc. Hutt.	0	2	1
Lepidophyllum Brngt.	7	2	4
Lepidostrobus Brngt.	1	1	2
Cardiocarpum Brngt.	7	6	2
Trigonocarpum Brngt.	6	5	5
Rhabdocarpus Göpp, et Brngt. . . .	2	6	1
Carpolithes Sternb.	12	52	6
Selaginites Brngt.	0	1	0
Lycopodites Brngt.	1	12	0
Lepidophloios Sternb.	1	0	1
Bothrodendron Göpp.	0	1	0
Calamites Suk.	2	5	11
Bornia Sternb, et Göpp.	1	1	0
Asterophyllites Brngt.	5	8	7
Annularia Sternb.	1	0	5
Sphenophyllum Brngt.	5	3	3
Totale . . .	205	343	746 146

502. Non sono però esaurite le meraviglie del terreno carbonifero. Oltre il carbone, c'è un altro tesoro provvidamente adunato dalla natura in grembo alla terra in quell' epoca. Anzi l' associazione di questi due tesori costituisce, oso dire, il valore principale di ciascuno di essi. Questo secondo tesoro è il ferro, che abbiamo veduto alternarsi costantemente coi letti di carbone e colle roccie carbonifere. È un concetto volgare questo, che la sovranità industriale dell' Inghilterra e il prodigioso sviluppo della civiltà negli Stati Uniti si debbano in gran parte alla ricchezza del combustibile, di cui son privilegiate le due regioni. Non tutti però sanno del pari che il moderno progresso di quei paesi si deve, più che al carbon fossile, semplicemente all'associazione di questo col ferro. Anzi da molti si ignora il fatto di tale associazione, che dai trattatisti è in genere appena accennata. Eppure, se riflettiamo unicamente a uno dei principali fattori del moderno progresso, alle strade ferrate, si può domandare se abbia

maggiore importanza il carbone che riscalda la macchina, o il ferro su cui la macchina corre le centinaja di miglia al giorno. È qui dove appare tutto il magistero provvidenziale dell'epoca carbonifera. Collo stesso artificio con cui la natura ottenne di creare, conservare, moltiplicare sopra le stesse aeree il carbon fossile, creò, conservò, moltiplicò sopra le stesse aree il ferro. Così noi vediamo al presente dalla stessa bocca di miniera uscire il ferro, e il carbone per lavorarlo. Per altra parte la presenza, la natura, la giacitura, tutte infine le condizioni dei letti ferriferi nei terreni a carbon fossile, confermano l'origine di questi terreni, quella nominatamente dei letti di litantrace, nel senso da noi già espresso, ne confermano cioè l'origine maremmana, e danno, per così dire, l'ultima mano al mobile paesaggio delle antiche regioni carbonifere. Le arenarie ci hanno dipinto i liberi lidi, percossi dalle onde: i bassi fondi tranquilli, e le vaste lagune, in via d'essere colmate, ci vennero delineati dagli schisti: le vergini foreste, che coprono di fitte ombre le eterminate pianure maremmane, ci vennero colorite dal litantrace. Or ci restano le uggiose paludi, ove stagnano le acque gialle e mucilagginose: queste ce le dipinge il ferro.

503. Il ferro in origine è un prodotto endogene. Come è sublimato dai vulcani, così esce disciolto nelle acque delle sorgenti, allo stato di ossido di diverso grado, réso solubile dai diversi solventi che si associano all'acqua, e principalmente dal gas acido carbonico, che si può chiamare l'indefettibile compagno delle sorgenti minerali. Nulla di più commune delle sorgenti marziali, sicchè ben difficilmente osserverete uno stillicidio sui monti, che non lasci, sulla madida roccia, una incrostazione, o almeno un velo, di ossido di ferro. Sono numerose quelle sorgenti così ricche di ferro, da formare depositi considerevoli, o nel letto da loro percorso, o nei bacini ove vanno a stagnare. Talvolta depongono vere masse di ferro argilloso o limonitico, come è il caso, p. es., di certe sorgenti dell'Alvernia: più spesso tingono di colore rugginoso, più o meno intenso, i calcari incrostanti, che le stesse sorgenti depongono. Celebri sotto questo secondo rapporto sono le sorgenti di Carlsbad. Bischoff osservò nell'Eifel sorgenti ferruginose di tale ricchezza, le quali, se si conducessero a stagnare in bacini, in luogo di precipitarsi nel Reno, darebbero un prodotto giornaliero di 2000 chilogrammi di perossido. Siccome tutte le sostanze incrostanti, e il ferro in modo speciale, hanno la tendenza ad assumere la forma concrezionare o pisolitica, così si spiegano facilmente i grandi depositi di ferro pisolitico, o siderolitico, negli strati dell'*oolite* o di altre formazioni. Certo è possibile, che le acque ferruginose, destinate a creare quegli ammassi, sgorgassero, o si raccogliessero entro bacini lacustri, od in

seni marini poco profondi, ove da una parte riuscisse facile l'evaporazione, e dall'altra il ferro potesse impastarsi, od associarsi, sotto forma pisolitica, ai sedimenti argillosi o calcarei che si andavano contemporaneamente formando. Il signor Gressy giunge fino ad indicare, nelle parti più dislocate del Giura, dei piccoli crateri, indizi di altrettanti *geyser*, i quali erutlavano acque sabbiose e ferruginose nell'epoca della creta. L'abbate Raquin indica, come prodotti da sorgenti sabbiose e ferruginose, gli ammassi di ferro limonítico, che si trovano a Sémur, in seno ad argille di formazione lacustre, che ne sono intensamente colorate [1].

504. Basterà dunque ammettere che, durante l'epoca carbonifera, sgorgassero copiose sorgenti marziali, capaci di creare i poderosi letti ferriferi, di cui richiamo l'origine? Io credo di no. Per qual legge le sorgenti marziali doveano essere così numerose, tali, da allagare, in certo senso, a volte a volte l'antico e il nuovo continente? L'associazione del ferro ai letti carboniferi è un fenomeno così universale, così costante, così caratteristico, che non si può assegnargli una causa meramente accidentale, indipendente: nè crederemo d'averla scoperta, se non la troviamo in rapporto colle condizioni geologiche, che determinarono la formazione carbonifera, precisamente come in necessario rapporto di causa ad effetto con esse condizioni trovammo la ragione dell'esistenza in quella formazione di tanti letti di litantrace.

505. Cominciamo a notare questo fatto, che alla formazione di depositi, anche potenti, di ferro sedimentare non sono necessarie acque decisamente marziali. Quando vi sia il concorso di circostanze favorevoli, non v'ha acqua che non possa generare un deposito ferruginoso.

506. Fu da lungo tempo segnalata, sotto tale rapporto, l'influenza delle sostanze organiche. Fu notato, come l'ossido di ferro abbia una grande tendenza a combinarsi col gas acido carbonico e colle sostanze organiche, formando nuovi composti. Ecco come nelle paludi, nelle maremme, nelle lagune, nei bassi fondi, ove non v'ha mai difetto di vegetali putrescenti e di gas acido carbonico, che è il principale prodotto del primo stadio della fermentazione dei vegetali, il ferro troverà più facilmente di combinarsi, dando origine a nuovi composti, i quali di fatto si depongono in ammassi maggiori o minori. Dico *di fatto*, perchè non vi ha fenomeno più volgare di quello della formazione di depositi limacciosi, gialli, insomma di ferro perossidato, gelatinoso, misto a sostanze terrose e ad elementi diversi. Ciascuno può osservarne nei più piccoli fossati, come nelle più vaste paludi.

[1] Delle notizie qui raccolte in prova della tesi sostenuta, andiamo debitori in genere al signor Lecoq (*Les eaux minérales*, pag. 260-275).

507. Ho detto, che ha luogo un vero processo di secrezione, il che significa che il ferro, per virtù delle sostanze organiche, viene secretato dall'acqua, che lo contiene talora in dose impercettibile, sicchè l'acqua genera, in queste circostanze, dei depositi di ferro, anche imponenti, mentre da sola non ne avrebbe deposto un atomo. Detto processo si osserva benissimo in azione, quando si veggono i vegetali morti, le vecchie radici, scolorare le sabbie e i terreni ferruginosi in cui sono infisse. Così ogni vegetale morto si converte in un centro di attrazione, intorno al quale si forma un ammasso di ferro secretato dall'acqua o dal terreno umido circostante. Osserva Kindler che l'ossido, così secretato, è reso anche solubile, sicchè può essere trascinato dalle acque, e creare sorgenti ferruginose, le quali, stagnando, depongono il ferro in fiocchi.

508. Questo processo, che noi abbiam detto di secrezione, è un vero caso di sostituzione elettro-chimica, che ha luogo per la mutua reazione tra l'acqua ferrifera e le sostanze vegetali. Si vede infatti come l'ossido di ferro viene a sostituirsi, molecola per molecola, alla materia organica. Lecoq descrive, p. es., un pezzo di betulla, tolto da una torbiera di Siberia, ove l'organismo, le fibre, i vasi, sono perfettamente conservati, ma conversi in perossido. Kuhlmann parla di un affusto di cannone, scoperto a Dunkerque, il quale, dopo un lungo soggiorno nell'acqua, si trovò parzialmente convertito in limonite. La fibra era intatta. In questo caso il ferro, adoperato in quel lavoro di metamorfismo, era lo stesso ferro che aveva servito alla costruzione dell'affusto, e che, allo stato di ossido nascente, si andava sostituendo, atomo per atomo, al carbonio del legno, che sfuggiva, sotto forma di gas acido carbonico.

509. Diceva più sopra, che anche le acque più pure possono, col conconcorso delle sostanze organiche, formare depositi ferruginosi; sempre inteso che non vi ha acqua, la quale non contenga qualche atomo di ferro disciolto. Il fatto è messo in luce appunto dal descritto processo di secrezione, promosso dalla vegetazione. Daubré osservò che il ferro si deponeva, in presenza dei vegetali, in seno ad acque, nelle quali il chimico non riusciva a scoprirne nessuna traccia. Targioni-Tozzetti non ha potuto riconoscere nessuna traccia di ferro nelle acque termali di Rapolano. Eppure osservò il ferro contenuto nelle oscillarie che crescono in quelle acque, ed accumulato nelle cavità e nei depositi terrosi che esse formano.

510. All'azione dei vegetali, morti e putrescenti, si associa quella degli animali vivi, di quel mondo marziale, come lo chiama Lecoq, di infusori ferruginosi, che brulicano a miriadi in seno a quelle acque stagnanti, ove appunto si deposita il ferro. Quegli organismi sembrano destinati piuttosto a fissare il ferro che a produrlo. Come i coralli, assimilando il calcare, se

ne fabbricano lo scheletro, così quegli enti microscopici assimilano il ferro, fabbricandosene meravigliose armature. La *Gaillonella ferruginea* è, secondo Ehremberg, l'autrice della maggior parte del ferro delle nostre paludi. Mi ricordo, che a Combe-Varin, uno dei *valloni* del Giura sopra Neufchâtel, il signor Desor mi invitava a gustare dell'acqua di una sorgente, che, uscendo dal fondo torboso, veniva a precipitarsi in uno di quegli *emposieux*, che abbiamo descritti.[1] Quella sorgente non aveva altra origine che lo scolo della torbiera: eppure era una vera sorgente marziale, rivelandone indubbiamente la natura il sapore stitico caratteristico. Il signor Desor attribuiva quella proprietà alla presenza delle *Gaillonella*, o d'altri simili organismi. Nei laghi della Svezia si numerano molte specie di codesti animalotti metallurgisti, i quali adunano dei depositi lunghi fin 200 metri, larghi 15, e dello spessore di 8 decimetri. È naturale, che depositi così copiosi siano utilizzati, e buona porzione del ferro in Svezia ed in Norvegia è estratta da queste miniere viventi.

511. Il signor Lecoq riporta in proposito le osservazioni interessantissime di Oscar di Wattoville. Approfittando egli di una magra considerevole di un lago della Svezia, osservò certe depressioni dei bassi fondi, riempite d'acqua, che offrivano uno spettacolo meraviglioso. In quei pelaghetti si agitavano, sulla massa del minerale già deposto, degli esseri appena visibili, intesi a richiudersi nella loro teca metallica, come il baco che si rinserra nel suo bozzolo. Ognuno di quei piccoli esseri, architettando una rete di neri filamenti, disegnava la forma esteriore dell'edificio, di cui occupava il centro, finchè scompariva, murato entro l'edificio stesso, che aveva l'aspetto d'un grano bruno, della grossezza di un uovo di rana. Per compire un tale lavoro è indispensabile a quegli animaletti l'acqua calma e stagnante. Essi non fabbricano mai nelle acque correnti, per cui il ferro si trova disseminato, in masse isolate, sui fondi di sabbia o d'argilla. Il processo, dovuto all'opera coordinata dei vegetali e degli animali, è di una attività veramente meravigliosa, tanto che si citano dei laghi, ove le miniere erano state esaurite, e non pertanto si poterono riattivare 26 anni più tardi. I depositi ripullulati avevano già acquistato uno spessore di più decimetri.

512. I particolari che ho qui esposti, bastano, per mio avviso, a liberare interamente dal mistero la formazione di quei grandi depositi limonitici, che si ripetono, a diversi livelli, nella serie sedimentare e che caratterizzano singolarmente, col loro immenso sviluppo, il terreno carbonifero. Il ferro in origine è, come dissi, un prodotto endogeno. Le acque s'incari-

[1] *Dinamica terrestre*, § 477-481.

cano di trarlo alla superficie in tale copia, che non v'ha acqua che ne sia assolutamente sfornita. Ecco perchè non v'ha quasi roccia sedimentare, la quale non contenga una dose maggiore o minore di ferro. Quando le condizioni dei bacini erano tali, che vi si potessero generare e mantenere in copia le sostanze organiche, principalmente vegetali, od organismi marziali viventi, il ferro vi si doveva necessariamente ammassare in gran copia, risultandone delle argille, delle sabbie, dei calcari assai ferruginosi, e veri depositi limonitici.

513. Se tale spiegazione può bastare in genere a darci ragione della formazione del ferro sedimentare, non lascia nessun dubbio, applicata ai depositi di *iron-ore*, cioè di ferro in forma di limonite, di ematite impura, di calibite, o ferro spatico impuro, che alterna così sovente, in letti poderosi e ricchi di concrezioni, cogli strati carboniferi. Quei depositi si debbono considerare come necessarî conseguenti delle condizioni, le quali determinarono tutte le accidentalità di quei meravigliosi terreni. Abbiam veduto infatti, come i terreni carboniferi corrispondano in genere all'ideale di regioni maremmane, ove, per effetto delle continue oscillazioni del suolo, si rimutavano, sulla stessa area, i bassi fondi marini, le paludi e le basse terre, coperte da vergini foreste. Quando quelle aree si trovavano nelle condizioni di paludi, l'attività della vegetazione, che costituisce il tratto più caratteristico dell'epoca, doveva anche determinarvi attivissimo quel processo di secrezione, che doveva dare origine ad ammassi ingenti di ferro limaccioso. Così, come diceva, i letti di *iron-ore* fissano la fase paludosa delle aree carbonifere, come gli strati di carbon fossile, gli schisti, i grès, i calcari determinano le fasi di basse terre, di littorali, di bassi fondi, di mari aperti che si succedevano e si alternavano sulle aree stesse.

514. Io non so se si siano fatti studî diligenti in proposito. Il poco però che ho osservato io stesso, valse a persuadermi che la formazione dei letti limonitici, ossia del ferro sedimentare, nell'epoca carbonifera (e credo poter dire in tutte le epoche del globo) è dovuta alla mutua reazione tra i vegetali, che giacevano sui fondi lacustri o marini, e le acque, arricchite di ferro, durante il loro cammino di circolazione dalle interne alle esterne regioni del globo. Osservai infatti come al centro dei nuclei di *iron-ore* si incontrino talora assai distinti gli avanzi organici, p. es. le felci, i quali hanno determinato l'isolamento della massa ferruginosa. Spezzando le masse schistose del terreno carbonifero, le pagine, ove si vedono distesi i vegetali che si conservano nelle collezioni, veggonsi anche distintamente ferruginose. Citerò anche il fatto dei *Lepidostrobus*, che trovai molto copiosi negli strati carboniferi di Dudley, dove ordinariamente occupano il centro di

uno sferoide argillo-ferruginoso. Virlet d'Aoust [1] dice di avere osservato sovente, in mezzo al carbon fossile di Saint Berain (Saône-et-Loire) tronchi di *Calamites*, lunghi da 30 a 40 piedi, convertiti in ferro litoide, e conservanti ancora le traccie della loro struttura. Pare eziandio che all'azione esercitata dalle sostanze organiche, le quali servono come di centro di attrazione, sia dovuta la formazione delle *sferosideriti*, masse di ferro argilloso, o sabbioso, la cui abbondanza caratterizza certi terreni. Il citato Virlet d'Aoust ha fatto notare in proposito, che le sferosideriti sono originate da uno spostamento molecolare, posteriormente al terreno che le contiene: e, citando le sferosideriti dell'argilla di Oxford, nota che contengono, nel loro interno, o un *Astartes* o un *Ammonites* o un altro fossile.

515. Ma, ammesso che nelle epoche antiche, nominatamente nella carbonifera, regnasse un clima universalmente torrido o subtorrido, come si spiega la formazione del ferro in tanta abbondanza, se i depositi di ferro limonitico si formano attualmente a preferenza sotto le latitudini umide e fredde, nelle condizioni in cui si trova, p. es., la Svezia? Rifletto però, e Lecoq lo fa ugualmente riflettere, che i depositi limonitici attuali sono, per rapporto alle latitudini, nelle precise condizioni della torba, la quale, esclusa dalla zona torrida, domina invece nelle regioni temperate, prossime alle fredde. Ora nessuno vorrà certo negare, che il carbon fossile non presenti che ammassi di vegetali sommersi, e quindi, in origine, formazioni torbose. Sarebbe quindi, nel caso, più logico il negare il torrido clima delle epoche primitive, che rifiutare ai letti di ferro limonitico un'origine, che gli è appunto assicurata dagli ammassi di combustibile, che gli sono associati. Eppure non vi ha cosa più certa di questa: un torrido clima aver dominato durante l'epoca carbonifera, anche nelle regioni glaciali. L'abbiamo dimostrato per tutte le epoche paleozoiche, fino al carbonifero, e lo dimostreremo più evidentemente ancora. Io penso però, che ogni difficoltà sarà tolta, quando le regioni tropicali, poco o nulla studiate finora, ci saranno note come le regioni temperate. La ragione può intanto, in questi come in molti casi, prevenire l'esperienza. Noi sappiamo, che alla formazione del ferro limonitico, come della torba, è necessaria l'acqua, e questa permanente, cheta, stagnante. Nei climi freddi un semplice piano, anche un pendio acquitrinoso, basta per la produzione dell'uno e dell'altra, avendo luogo l'evaporazione in proporzioni così modiche, ed essendo così frequenti le pioggie, che il suolo si mantiene limaccioso, anche nel cuore dell'estate. Sappiamo, che sui vasti piani dell'America tropicale, ove potente è l'evaporazione, e diuturne le pioggie del pari

[1] *Bull. Soc. géol.*, 2e sér., vol. 21, pag. 198.

che la siccità, l'aridità del deserto si alterna colla fecondità delle irrigue pianure. Il ferro e la torba non possono quindi prodursi nelle condizioni delle nostre paludi. Ciò non toglie però che l'uno e l'altra si producano, anche sotto la zona torrida, in seno alle acque abbastanza profonde per non essere mai assorbite dalla evaporazione. Nessuno dubita certamente che si torbificano le ingenti cataste di legname che si accumulano alle foci del Mississipi,[1] come vere torbiere furono scoperte, traforandosi il suolo nelle vicinanze di Calcutta (§ 498), benchè quelle località oltrepassino d'assai i limiti assegnati alla formazione delle torbe.[2]

516. Chiuderò questo importante argomento facendo osservare, come l'epoca protozoica, e in genere l'epoca delle roccie cristalline stratificate alla base dei terreni, sia, secondo Dana,[3] l'epoca del ferro pel Nord-America e per altre regioni. Nei terreni azoici d'America il ferro speculare, in enormi strati, alterna con strati amfibolici, con schisti cloritici, quarziti, ecc. In Svezia e Norvegia i letti di ferro trovansi anch' essi nei terreni protozoici, alternando co' gneiss, colle roccie amfiboliche, cogli schisti talcosi, cloritici, argillosi, colle quarziti, coi calcari granulosi. Sarebbevi qui un altro sicuro indizio di quella vegetazione, che doveva necessariamente precedere l'epoca della animalizzazione? Può anche darsi che, già nell' epoca protozoica, e assai più probabilmente nelle epoche posteriori, nominatamente nella carbonifera, un popolo infinito di microscopici ciclopi avesse già aperto, in seno alle acque, le industri officine. Noi non dubitiamo ad ogni modo, in genere, dell' origine organica del ferro sedimentare.

---

[1] *Dinamica terrestre*, § 361.
[2] *Ib.*, § 367.
[3] *Manual*, pag. 140.

CAPITOLO XVI.

PERMIANO.

EPOCA QUARTA DELL' ÊRA PALEOZOICA.

517. In alcune parti dell' Inghilterra, i terreni compresi fra il *trias* e gli strati del *carbonifero* non offrivano nè tale diversità di caratteri petrografici, nè tale abbondanza e distribuzione di fossili, che rendessero possibile, a prima giunta, una suddivisione qualunque. Tutto andava quindi confuso sotto il nome di *nuovo grès rosso*, o di *poichilitico* (da ποικιλος, variato) da cui pare sia derivato il nome di *grès variegato*, rimasto unicamente al membro inferiore della formazione triasica. Altrove invece, e principalmente in Russia, in Irlanda, nel nord-d'Inghilterra e in Germania, la natura litologica e i fossili permisero di separare un gruppo ben distinto, che veniva a collocarsi tra l'*arenaria variegata* e gli *strati carboniferi*. Come in ogni gruppo di transizione, i caratteri paleontologici non sono ancora tanto decisi, per cui si possa, senza dubitare, ascrivere il nuovo gruppo piuttosto all' una che all' altra delle due serie, che lo incassavano. Il signor Marcou difatti propone, per questo gruppo, il nome di *Dyas*, o lo rinnisce al *Trias*. Ma i pesci e le piante, appartenenti a generi carboniferi, decisero finora la questione in favore della serie paleozoica, in cui il nuovo gruppo rimane, per la generalità de' geologi, compreso. Il nome di *Permiano*, pure universalmente accettato, gli venne imposto da Murchison, che derivollo dal distretto di Perm, in Russia, dove quel terreno è ricchissimo di fossili, ed occupa un'area equivalente a due volte la Francia.

518. William King, in una monografia dei fossili permiani d' Inghilterra,[1] divide il *sistema permiano*, in sei membri, di cui trova gli equivalenti in Turingia. Ne faremo breve rassegna, ponendo loro al fianco gli equivalenti tedeschi, di cui vi converrà conoscere il valore stratigrafico, stantechè i nomi di *Rauchwake*, di *Zechstein*, di *Rothliegendes*, ecc., occorrono sovente

[1] *A monograph of the permian fossils of England.* (Palæont. Soc., vol. III, 1850.)

nei libri di geologia. Località tipiche, per la serie ben distinta, sono la contea di Durham per l'Inghilterra, e Mansfeld in Turingia per la Germania.

1.° *Grès inferiore variegato* o *Rothliegendes.* — Grès e sabbie, con marne rosse e gesso, che andrebbero forse ancora comprese nel carbonifero, contenendo in Inghilterra una flora identica alla carbonifera. Il nome di *Rothliegendes*, più interamente *Rothtodt-liegendes* (rossi-morti-strati), fu dato a questi strati dai minatori turingi, perchè il rame, ossia la pirite cuprea, vi si perde, vi muore.

2.° *Schisti marnosi, Mergel-Schiefer* o *Kupfer-Schiefer.* — Argille calcarifere, dure; schisti marnosi, ossia marne e calcari in letti sottilissimi. In Inghilterra questi schisti sono ricchissimi di pesci, di specie particolari, ma di generi communi al carbonifero. Vi abbonda il genere *Plæoniscus* a coda eterocerca. Caratteristici: *Plæoniscus comptus, P. elegans, Cœlacanthus granulatus, Pygopterus mandibularis, Acrolepis Sedgwickii.* Le specie sono identiche, tanto nell'Inghilterra, come in Germania. Il nome di Kuppfer-Schiefer (*schisti cuprei*) derivò a questo deposito dalle piriti cupree, che vi si scavavano con vantaggio in Turingia.

3.° *Calcare compatto* o *Zechstein inferiore.* — Contiene briozoarî ed altri fossili. Nel Zechstein di Turingia si scoprono gli avanzi del *Proterosaurus Speneri*, sauro, che ha una certa affinità col *Monitore* vivente.

4.° *Calcare fossilifero, Dolomite* o *Zechstein superiore.* — Calcare dolomitico, affine al precedente, ricchissimo di conchiglie, principalmente di acefali (*Avicula, Arca, Schizodus*, ecc.) e di brachiopodi. Caratteristici il *Productus horridus*, lo *Spirifer undulatus*, l'*Athyris Roissyi:* quest'ultimo, come molti altri fossili, si incontrano in Inghilterra del pari che in Germania. Vi si distinguono ancora molti briozoarî, fra i quali la bellissima *Fenestella retiformis*, a forma d'imbuto, elegantemente reticulato, che può avere fin 20 centimetri di diametro.

5.° *Calcare brecciato* o *Rauchwake.* — Calcare brecciato, forse prodotto dal rimpasto del precedente.

6.° *Calcare cristallino* o *concrezionare* o *Stinkstein.* — Calcare vario nella sua composizione e struttura, oolitico, compatto, pulverulento, dolomitico. Fossili carratteristici *Schizodus Schlotheimi, Mytilus septifer.*

519. La descritta *serie permiana* è ben lungi, come dissimo, da mostrarsi così completa e distinta altrove. Come sempre, le suddivisioni hanno un valore locale tanto più ristretto, quanto più sono minute e precise: i gruppi invece hanno un valore tanto più universale, quanto più sono complessivi. Così troviamo riferiti, o al *Permiano* in genere o ad alcuno de' suoi membri in ispecie, diversi depositi in Europa, p. es. il

conglomerato dolomitico di Bristol con avanzi di sauri (*Palæosaurus*, *Thecodontosaurus*). D'Orbigny vi riferisce una parte del *grès dei Vosgi.* [1]

Gli immensi depositi permiani di Russia, oltre ai numerosi testacei e alle piante di generi carboniferi, contiene diversi sauri.

Gli strati permiani di Sassonia hanno il pregio di averci ragalata una ricca flora, illustrata da Gutbier. Di 60 specie, 40 non furono riscontrate altrove; 3 si incontrarono in Russia, e 7 sono communi al terreno carbonifero. Del resto la flora permiana, raccolta dalle differenti località, ha caratteri carboniferi prevalenti. Alle felci, fra cui si distinguono i generi *Tæniopteris*, *Alethopteris*, e abbondano i generi *Sphenopteris*, *Pecopteris*, *Nevropteris*, *Callipteris*, si aggiungono Equisetacee (*Calamites*), Licopodiacee (*Lepidodendron*), Asterofilliti (*Annularia*), Noeggeratie (*Næggerathia*), Conifere (*Walchia*).

520. Nel Nord-America gli strati permiani si scoprono specialmente nel Kansase, parzialmente sui fianchi dei monti di Roccia. Constano di calcaree, di arenarie rosse o verdiccie, di marne, di schisti, di conglomerati, con letti di gesso. Predomina talora il calcare magnesiaco, che è talvolta selcifero.

Litologicamente adunque il Permiano del nuovo continente risponde assai bene al Permiano dell'antico. Negli strati, riconosciuti come indubbiamente permiani in America, non s' incontrarono che conchiglie: *Monotis Hawni*, *Myalina perattenuata*, *Bakewellia parva*, *Pleurophorus subcuneatus*.

521. In complesso il Permiano è ben lungi ancora dal poter vantare quella ricchezza di fossili, per cui le epoche precedenti prestarono argomento a sicure deduzioni, circa le condizioni e i rapporti delle epoche stesse, i principali avvenimenti, e le principali rivoluzioni del globo. King, nella citata monografia, mentre ci dà una esatta statistica dei fossili permiani di Europa, non arriva a numerarne che 277 specie, cioè:

Piante.	N. 60	Molluschi.	
Amorfozoarî	» 5	Brachiopodi . . .	N. 37
Foramiferi	» 6	Acefali.	» 47
Polipi.	» 18	Gasteropodi. . . .	» 26
Echinodermi	» 2	Cefalopodi.	» 4
Anellidi.	» 5	Pesci.	» 45
Crostacei	» 13	Rettili	» 9

Tale, almeno relativa, povertà, non reale al certo, ma dipendente

[1] Il grès de' Vosgi sarebbe sovrapposto alle zone permiane indicate, benchè appartenga ancora all'epoca permiana. Ma non è conosciuto paleontologicamente che per fossili vegetali (Pictet, *Traité de paléontologie*, IV, pag. 605).

dallo stato delle nostre cognizioni, ci vieta di troppo arrischiarci nelle nostre conclusioni.

522. Non dubiteremo però di affermare che il terreno permiano è, come lo definirono i geologi, un terreno di transizione, tra i terreni mesozoici e i paleozoici. Benchè nella flora prevalga il carattere carbonifero, molti generi si trovano nel trias: più mancano al Permiano le *Stigmaria* e le *Sigillaria*, che improntano cotanto la flora carbonifera. Quanto alla fauna, i molluschi, singolarmente, segnano, si direbbe, una fauna di transizione. Mentre alcuni generi, anzi alcuni ordini, conservano a preferenza i caratteri paleozoici, altri generi ed altri ordini sentono piuttosto del mesozoico. Citerò, p. es., il genere *Ostrœa* (ostrica) che comincia nel Permiano, si sviluppa assai nelle epoche successive, finchè lo troviamo uno dei generi più abbondanti nei nostri mari. Osservando i vari ordini poi, troviamo che i Briozoi sono piuttosto abbondanti, e conservano i caratteri paleozoici. I Brachiopodi conservano essi pure i caratteri paleozoici: anzi i generi più decisamente paleozoici vi si spengono, come *Atrypa*, *Camarophoria*, *Orthisina*, *Productus*, *Chonetes*, e tirano avanti il genere *Spirifer*, destinato a raggiungere il lias, i generi *Terebratula* e *Lingula*, ancora viventi, e qualche altro. Così continuano per la maggior parte dopo il Permiano i generi di Acefali e di Gasteropodi. I Gasteropodi, come dice Pictet, han perduto affatto l'importanza che avevano nei periodi paleozoici, senza avere ancora acquistato quella che ottengono nei terreni mesozoici. Nel Permiano sono ridotti ai generi *Nautilus* e *Orthoceras*. I crostacei sono poco conosciuti. È però notevole l'assenza dei *trilobiti*, che costituiscono la parte più tipica della fauna paleozoica. Un trilobito del genere *Phillipsia* e un echinido del genere *Archœocidaris*, citati negli strati permiani del Nord-America, appartengono agli strati infimi, e sono probabilmente carboniferi. Dana osserva infatti come colà non abbia il Permiano limiti inferiori ben decisi. I rettili si moltiplicano considerevolmente, e preludono così alla seconda grand'epoca della animalizzazione, cioè all'*epoca mesozoica* caratterizzata dall'enorme sviluppo di questa orribile classe d'animali. Contansi nel Permiano quattro generi di rettili lacertiformi, tre di famiglia dubbia, e un *Zygosaurus* foriero dei Labirintodonti, che improntano, come vedremo, la fauna triasica. I pesci si attengono ai tipi antichi. Pictet vi numera nove generi di Ganoidi, e sette di Placoidi. Vi appare nel *Menaspis armata*, degli strati dell'Hartz, che pajono riferirsi allo *Zechstein*, l'ultimo ganoide corazzato, che si avvicina per le forme ai *Cephalaspis* del periodo precedente.

523. Bisogna dare però un valore molto relativo alle conclusioni, che si volessero dedurre dai confronti della fauna permiana con quelle delle

epoche antecedenti o susseguenti. Le località ricche di fossili finora esplorate sono poche, e il Permiano figura ancora come uno dei gruppi meno conosciuti. Credo però che ci siano dei dati sufficienti per potere stabilire ciò che abbiam detto: il Permiano doversi considerare come un' epoca di transizione tra l' *èra paleozoica* e l' *èra mesozoica*, e quest' *epoca di transizione* riceve un' importanza teorica grandissima dal fatto dell' immensa estensione, sulla quale una tale transizione di faune e di flore si operava. Il terreno permiano, disteso sopra il Nuovo Continente (monti della Guadalupa nel Nuovo Messico, Stati-Uniti), e su tutte le contrade d' Europa, si dilata nella Russia, spingendosi dal 48° di latitudine fin lungo le propagini occidentali degli Urali; quindi al Mar Bianco, al golfo Tcheskaia nel Mar Glaciale, e via via, fino allo Spitzberg, all'80° di latitudine, cogli identici fossili. Qual prova più evidente di quella equa distribuzione di clima, che caratterizza tutta l'epoca paleozoica?

CAPITOLO XVII.

DIGRESSIONE SUI TERRENI PALEOZOICI E SPECIALMENTE SUL TERRENO CARBONIFERO NELLE ALPI E IN ITALIA.

524. Convinzioni maturate da lungo tempo mi fanno considerare, geologicamente parlando, come *sistema alpino*, non solamente la catena sovrana d'Europa, ma tutte le parti più prominenti della Italia insulare e peninsulare, che si staccano, sia orograficamente, sia geologicamente, dal sistema dell'Apennino. Al *sistema alpino* appartengono, in questo senso, la Corsica, la Sardegna, l'Isola d'Elba, le Alpi Apuane col monte Pisano, il Monte Argentaro in Toscana, la Sicilia nord-est e la Calabria. Non mi fermerò a dilucidare quanto vi possa essere di vero in questo mio modo di vedere, perchè trattasi di una questione che, oltre all'esser affatto speciale, è ancora troppo immatura, o tutta ancora nei dominî dell'analisi. Io l'accenno unicamente per giustificare il titolo del presente capitolo, o sopratutto come premessa, per poter poi liberamente raggruppare, sotto lo stesso punto di vista, le regioni più disparate geograficamente, come se formassero un solo sistema; isolandone invece altre, congiunte geograficamente colle prime, ma appartenenti ad altro sistema geologico, e che non hanno alcun rapporto colla questione di cui qui ci occupiamo. È nel sistema alpino soltanto, che noi possiamo cercare ragionevolmente se esistano o meno in Italia, e quale sviluppo abbiano i terreni paleozoici, e specialmente il terreno carbonifero.

525. La domanda, se in Italia esistono i terreni paleozoici, potrà parer strana, forse petulante, a taluno che sia al corrente degli studî più recenti, proseguiti con lodevole perseveranza sulle Alpi: alla maggioranza no. Pigliatevi i migliori trattati di geologia che parlano dei terreni paleozoici. La descrizione di questi terreni, che hanno un sì ampio sviluppo sul globo, che soli veramente costituiscono il *mondo antico*, in confronto di tutti gli altri più recenti (triasici, giuresi, cretacei, terziarî, posterziarî), che costituiscono il *mondo moderno*, la descrizione di que' terreni, dico;

riempie la massima parte delle pagine consacrate alla geologia stratigrafica. Voi conoscerete appuntino, non solo di quante zone si componga la serie paleozoica d'Inghilterra, di Francia, di Russia; ma avrete i più minuti particolari sulla costituzione dei terreni paleozoici degli Stati-Uniti, del Canadà, delle regioni artiche. Ma delle Alpi? dell'Italia? nulla, quasi letteralmente nulla. Noi stessi non ne facemmo parola ne' precedenti capitoli; sicchè si sarà forse conchiuso che l'Italia e le Alpi siano straniere alle grandi epoche paleozoiche; che da epoca ben recente dati questo massimo sistema delle montagne di Europa.

526. Così si eredette, salvo eccezioni, per lungo tempo; e così si crede da taluno ancora al presente.[1] Il fatto della mancanza, o della scarsezza, del vero carbon fossile nelle Alpi e in Italia è, pur troppo, volgarmente noto, e ad esuberanza rimpianto. Il geologo, sollecitato a voler pure scoprire ciò che, forse, non si scoprirà mai, trovava facile rispondere: che nelle Alpi e in Italia non si trova nemmeno il terreno carbonifero. Ridirvi le ragioni per cui, cancellandosi con un tratto di penna dal sistema alpino l'immensa serie dei terreni paleozoici, si ritardarono di tanto i progressi dell'alpina geologia, sarebbe cosa forse del pari inutile che ingrata e compromettente. Credo però indispensabile un cenno circa il fatto principale che die' argomento a sì gravi querele, con sì poco frutto della scienza, ad onta dell'intromissione degli uomini più illustri o più benemeriti di essa. Mi attengo alla particolareggiata descrizione che ne fa il signor Mortillet nella sua bell'opera sulla Savoja.[2]

527. In una valletta, a 15 minuti dal villaggio di Petit-Coeur, presso Moutiers in Tarantasia (Savoja), si osserva, alla base delle formazioni, una zona di steaschisti, i quali formano parte del sistema delle roccie cristalloidi, sviluppatissime nelle Alpi, con scarsi indizi di fossili. Questi steaschisti discordano, stratigraficamente, dagli strati sovrapposti, che concordano invece perfettamente fra loro, succedendosi, in serie ascendente, così:

1.° Strati di grès, schistoso e talcoso, grigio, composto di grani di quarzo e di feldspato, alternanti con straterelli di argilla schistosa, nera. Spessore, da 20 a 30 metri.

2.° Schisti calcareo-argillosi, ardesiaci, della potenza di 10 metri,

---

[1] Dopo la pubblicazione delle mie *Note ad un corso di geologia*, la notizia circa l'esistenza non solo, ma l'immenso sviluppo dei terreni paleozoici in Italia, è assai più divulgata. Il primo numero, or or apparso in luce, della *Descrizione dei terreni componenti il suolo d'Italia* del signor Gaetano Negri nella grandiosa opera *L'Italia sotto l'aspetto fisico, storico, artistico e statistico*, edita dal dottor Francesco Vallardi, contiene un'ampia rassegna dei terreni paleozoici della Penisola. Ad essa potrà ricorrere il lettore per maggiori particolari, circa la distribuzione geografica, la natura e la paleontologia di quei terreni.

[2] *Géologie et minéralogie de la Savoie.*

ricchi di Belemniti e Crinoidi. Mortillet vi avrebbe distinto il *Bellemnites acutus*, e un frammento di *Ammonites bisulcatus*; due fossili liasici per eccellenza.

3.° Gli schisti descritti sembrano passare insensibilmente ad un'argilla schistosa, nerastra, dello spessore di 50 centimetri.

4.° Strato di argilla carboniosa, o di antracite di cattiva qualità; spessore, 60 centimetri.

5.° Schisti argillosi, micacei o talcosi, fissili, ricchissimi di impronte di vegetali, coperte di una vernice talcosa, o piuttosto di vegetali convertiti in talco, di colore argentino. Que' vegetali appartengono per la maggior parte alla famiglia delle felci, presentano molte specie, costituenti indubbiamente una flora carbonifera. Undici specie, su diciassette, furono riconosciute dai più esimi paleofitologi, Brongniart, Heer, ecc. identiche a specie riconosciutissime degli strati carboniferi delle più classiche località.

6.° Grès alternanti con argille, precisamente come al n.° 1.

7.° Schisti ardesiaci, verde-azzurastri, passanti a schisti calcarei con Belemniti.

Il complesso degli strati descritti è raddrizzato in guisa, da formare, coll'orizzonte, un angolo di 70°.

528. Eccoci dunque una *flora carbonifera*, chiusa fra due giacimenti a *fossili liasici*. Il caso è certamente imbarazzante; e doveva sembrarlo ancora più circa 40 anni or sono (esso fu fatto conoscere nel 1828 da E. de Beaumont), quando i geologi erano ancor nuovi a questo proteismo delle Alpi, e non avevano ancora registrato molti fatti consimili, che sembrano, ad ogni pie'sospinto, voler dare una mentita ai veri stratigrafici più inconcussi, dedotti dall'analisi dei cinque continenti. I geologi, più intenti a dar ragione di questa singolare anomalia, che allo studio della serie stratigrafica, quale si presenta nelle sterminate regioni delle Alpi, torcendo l'occhio dall'universo, per tenerlo fisso sopra un punto matematico della sua superficie, si dibatterono lunghi anni, divisi in due schiere. Fu un'iliade interminabile, di cui fu ripieno il mondo scientifico. Gli uni si ostinarono a non vedere nel caso di Petit-Coeur che uno dei mille disturbi della serie stratigrafica, i quali trovano così facile ragione nei contorcimenti prodotti da una serie infinita di oscillazioni, a cui andarono soggette le formazioni più antiche, e che, più frequenti e più esagerate, si mostrano ne' grandi rilievi della superficie terrestre; gli altri vollero che, a dispetto della stratigrafia universale e della paleontologia, una flora, prettamente carbonifera, diventasse liasica ad ogni costo, perchè si trovasse meno a disagio coi Belemniti e cogli Ammoniti. Gaudry presentò, nel 1855, alla Società geologica di Francia, un riassunto di 83

memorie, dovute a 48 autori, che discussero, in un senso o nell'altro, il caso di Petit-Coeur. Ma in fine prevalse nella maggioranza, più docile all' autorità che alla ragione, l' opinione a cui si associavano i nomi più autorevoli: il *terreno carbonifero* fu depennato dalla lista dei terreni alpini. Siccome però non tutti seppero adagiarsi alla sentenza de' magnati, si convenne di dare al terreno in contestazione l'epiteto di *antracitifero*, lo ritenesse poi ciascuno come il voleva, o *liasico* o *carbonifero*.

529. Non vorrò certo perdere il tempo a discutere un fatto particolare, mentre altri mille ve ne sarebbero più istruttivi o più interessanti. Aspettando che il problema, se non si ritiene ancora sciolto, si sciolga da chi vuole nel caso pratico, gioverà meglio per noi trattare la questione di massima: stabilire, cioè, i principî, che possono condurre alla soluzione di questo, come di tutti i problemi consimili. Tutti i raziocinî, in simili casi, si possono compenetrare in un dilemma. Dato il caso che strati con fossili di un' epoca siano intercalati a strati con fossili di altr' epoca, bisogna ammettere: o che l' intercalamento è un puro disturbo stratigrafico, causato da forza meccanica; o che gli strati intercalati appartengono alla stessa epoca degli strati in cui sono intercalati. Bisogna ammettere quindi o una ragione puramente stratigrafica, o una ragione puramente paleontologica; o gli strati di diverse epoche vennero a confondersi, per effetto delle oscillazioni del globo, o gli esseri organici identici prolungarono la loro esistenza in diverse epoche.

530. Il primo supposto non fa che accennare ad uno dei mille casi di rovesciamenti, di contorcimenti, ecc., riconosciuti le mille volte. Il secondo supposto si oppone alla universalità dei fatti; scalza le basi della geologia e della paleontologia; è un assurdo geologico. La cronologia del globo è basata sul fatto della esclusività delle faune, per ciascuna formazione, costituente la crosta del globo. Tutte le regioni della terra lo attestano, unanimemente, invariabilmente. La maggiore espansione di alcune specie in confronto d' altre, nel senso verticale, non contraria il principio dell' *esclusività*. Abbiamo veduto come ogni specie è racchiusa entro limiti assai angusti, relativamente alla immensa totalità delle formazioni sedimentari. L' esistenza di piante carbonifere in un deposito liasico è, ripeto, un assurdo in geologia: un assurdo è dunque il secondo supposto.

531. Mi domanderete: come si dimostri la verità del primo supposto. Ma in buona logica, provata l'assurdità di una parte del dilemma, bisogna ammettere l'altra come vera. Molte spiegazioni furono proposte nel caso pratico, ritenuto il disturbo stratigrafico. Sono spiegazioni più o meno soddisfacenti; ma può essere che non se ne trovi mai una, che lo sia

assolutamente. Che importa? Se nel primo supposto abbiamo un caso inesplicato, nel secondo avremo un caso inesplicabile. Il primo supposto ci obbligherà, nel caso pratico, a confessare una volta di più la nostra ignoranza; il secondo ci costringerebbe ad ammettere l'impossibile.

532. Perchè non crediate che io mi faccia schermo semplicemente di formole scolastiche, badate ai seguenti riflessi:

1.° Come si spiegherebbe, che quegli avvenimenti, i quali portarono l'estinzione delle antiche flore e delle antiche faune in tutte le parti del globo, non abbiano avuto influenza sopra l'area microscopica delle Alpi?

Non trattasi qui di epoche che si succedano immediatamente. Comprenderei, se volete, come alcune specie identiche abbiano persistito durante i due periodi *carbonifero* e *permiano*. Non comprenderei punto una flora copiosa, che ascenda intatta dal carbonifero al lias, attraversando due epoche immense, il permiano e il trias, durante le quali si rimutarono tanto volte, sull'intera faccia del globo, le faune e le flore, le terre e i mari.

2.° Il caso di Petit-Coeur sarebbe molto imbarazzante, se presentasse una miscela di fossili carboniferi e lisiaci. No, non si tratta punto di una mescolanza di fossili: tutto invece si riduce ad una juxtaposizione di strati, diversi anche petrograficamente.

3.° La serie triasica, intermedia tra la paleozoica o la giurese, è sviluppatissima, anzi assai più completa che altrove, nelle Alpi. Ammesso che la flora carbonifera persistesse nelle Alpi fino all'epoca del lias, perchè non vi sarebbero nè piante carbonifere nel trias, nè piante triasiche nel lias?

4.° Dietro le più recenti indagini, gli schisti a flora carbonifera di Petit-Coeur godono di immensa estensione nelle Alpi; come d'immensa estensione godono gli schisti a Belemniti. Come mai in nessun altro luogo si presenta l'alternanza dei primi coi secondi?

533. Notate anche, come fu detto assai gratuitamente, che la flora carbonifera persistette fino all'epoca del lias. Potevasi asserire, con pari ragione, che i Belemniti e gli Ammoniti liasici hanno preesistito nel periodo carbonifero. Contro questo supposto però valgono, mutati i termini, gli stessi argomenti.

Del resto ormai la causa è vinta; o le querele, a cui diede luogo l'accidente stratigrafico di Petit-Coeur, sono ormai riposte, come si suol dire, nel dimenticatojo. L'esistenza del terreno carbonifero nelle Alpi è, sopra vastissima estensione, sancita. Non ci resta oramai ove scoprirlo. Ve ne persuaderanno le pagine seguenti.

534. Se esiste il terreno carbonifero nelle Alpi, non vi esisteranno ugualmente i rappresentanti degli altri periodi paleozoici? Alla loro scoperta è in fatto rivolta la mente dei geologi alpini. Anche qui tuttavia occorrono più che mai alcune premesse, che riguardano la questione in massima. Altra cosa è il dire che non esiste un terreno; altra cosa il dire che il tal terreno non si distingue; altra cosa finalmente il dire che il tal terreno non è scoperto. I geologi devono essere assai scrupolosi in tali distinzioni di termini: per isventura nol furono che troppo poco. Ordinariamente si dice che un terreno non esiste in una data regione, perchè non vi scoprirono fossili caratteristici di esso terreno. Noi saremo più riservati. Se, nel corso delle indagini sopra una massa di terreni incompresi, non scopriamo dei fossili caratteristici di un dato terreno, ci limiteremo a dire che esso terreno non è scoperto. Era il caso delle Alpi per lunghi anni, e sarà ancora quello di molte regioni delle Alpi stesse per lungo tempo. Se in una serie di terreni ben compresi scopriamo delle formazioni non fossilifere, chiuse tra due formazioni fossilifere, di epoca ben definita, ma distanti fra loro nella serie cronologica, siamo certi, che i terreni interclusi rappresentano le epoche che corsero tra le due riconosciute. Non potendo però, se non per mezzo dei fossili, precisare un terreno di un'epoca, di un periodo qualunque, diremo: che il tal terreno, il quale deve esistere nell'intervallo tra i due terreni determinati, non si distingue: è il caso appunto delle Alpi, in generale, per rapporto ai terreni paleozoici. Se troviamo finalmente due terreni, ben definiti, distanti fra loro nella serie cronologica, ma a mutuo contatto in una data località, allora soltanto diremo, che il terreno o i terreni, che si formarono nell'intervallo tra i due d'epoca nota, non esistono. È un caso che, io credo, non si verifichi punto nelle Alpi, precisamente riguardo ai terreni più antichi, i quali vi esistono tutti, senza eccezione, benchè non tutti siano dovunque distinti.

535. Venendo infatti al concreto, io dimando: che dovevasi fare di quella zona immensa di terreni, che, prescindendo dalla pianura, rappresenta nelle Alpi, sui versanti italiani, per lo meno il doppio d'estensione e di spessore di tutti i terreni finora determinati, dal *pliocene* all'*arenaria variegata?*[1] Se si fosse trattato di formazioni non fossilifere, chiuse fra due orizzonti di epoca recente, quanto almeno lo è il trias, la cosa poteva rimanere molto dubbia. Ma una volta riconosciuti tutti i terreni, terziari,

[1] Col nome di *arenaria variegata* si intende qui indicata una potente formazione, che in Italia consta di schisti varicolori, e di puddinghe, generalmente rosse, corrispondente al primo piano del trias, che vedremo succedere ai terreni paleozoici. Una parte di questa formazione va però forse congiunta al permiano, secondo l'opinione del signor Negri.

cretacei, giuresi, triasici, che altro più poteva rimanere sotto il trias, se non tutta la serie paleozoica? Fu in questo senso, che io trattai la questione, fino dal 1857, ne' miei *Studi geologici e paleontologici sulla Lombardia*, benchè con nozioni molto incomplete. Le indagini perseveranti eseguite nelle Alpi dai geologi di tutte le nazioni, in questi ultimi anni, non fecero che confermare il valore di una induzione, per altro semplicissima.

536. L'immensa serie di terreni che sottostanno all'arenaria variegata nelle Alpi, risponde infatti troppo bene, per lo spessore o pei caratteri petrografici, all'ideale di quella serie immensa, che, divisa altrove da molteplici orizzonti paleontologici, rivelò il succedersi di tanti periodi d'animalizzazione e di rivoluzione tellurica. Quanto a' caratteri petrografici, ce ne persuaderemo in seguito, vedendo come mano mano ci ritornino nelle Alpi quegli schisti ardesiaci, talcosi, micacei, que' grès e quelle puddinghe quarzose, quei calcari saccaroidi, quella miscela di roccie aggregate, cristalline, semicristalline, tutto quel complesso insomma che in Europa, in America, nel mondo tutto, costituisce la forma dei terreni paleozoici. Quanto allo spessoro, pochi sforzi si fecero per calcolarlo: ma io credo di dir piuttosto meno che più, assegnando 10,000 metri di spessore alle roccie inferiori al trias, in cui è marcata l'indole detritica o sedimentare (d'ordinario calcari, schisti ardesiaci, grès o puddinghe), e 15,000 metri alle roccie cristalloidi stratificate (michaschisti, talcoschisti, schisti cloritici, amfibolici, gneiss, ecc.); in tutto 25,000 metri di formazioni, rispondenti alle epoche paleozoiche e azoiche. In America la serie paleozoica, compreso il Laurenziano, è di 26,000 metri circa.

537. In fine le Alpi sono, come tutte le grandi regioni più rilevate del globo, segnalate dal grande sviluppo di terreni riferibili alle epoche antichissime del globo, e dalla graduale fusione delle roccie di pretta indole sedimentare con roccie d'indole cristallina. Tre orizzonti paleontologici si fissarono già con tutta certezza nel sistema alpino: il Permiano e il Carbonifero nelle Alpi; il Carbonifero e il Siluriano nelle regioni insulari e centrali d'Italia. Sopra dati riflessibili poi già si indica il Devoniano. Ce ne resta ad esuberanza per collocarvi il terreno cambriano e i Protozoici. Veniamo ai fatti, passando in rassegna le diverse regioni alpine, in cui furono più o meno studiate le traccie delle epoche primitive.

538. Arrestiamoci primieramente al classico gruppo delle Alpi della Svizzera, del Piemonte e della Savoja, ove, sotto il nome litologico di *terreno antracitifero*, si nascose lungo tempo il *terreno carbonifero*, avente tale sviluppo, tale estensione e tanta ricchezza di flora fossile e di car-

bono, da non aver nulla da invidiare alle più classiche regioni, salvo la qualità del combustibile.[1]

Il gruppo antracitifero, in quell'immenso tratto delle Alpi che, secondo Heer,[2] ha uno spessore complessivo di 6,000 a 7,000 piedi, presenta la fisonomia litologica della formazione carbonifera di tutte le regioni del globo. Consta essenzialmente di grès, puddinghe, schisti argillosi, micacei, talcosi, di filladi, ecc. Secondo Favre,[3] nella parte inferiore, almeno nel gruppo del Monte Bianco, predominano le puddinghe (puddinga di Vallorsina), sopra le quali si adagiano gli schisti argillosi, contenenti i resti di una copiosa flora carbonifera. I grès tuttavia sembrano d'ordinario prevalere, principalmente nelle grandi masse carbonifere della Tarantasia e delle Alpi del Piemonte.

539. Alle impronte ben conservate de' vegetali carboniferi si associano numerosissimi giacimenti di antracite. Questo combustibile non è in fine che il carbon fossile, ridotto al suo estremo stato di magrezza, cioè estremamente emunto di principî volatili, atti a produrre la fiamma. Possiamo dolerci, ma non meravigliarci di ciò, mentre le più classiche località carbonifere mostrano dei letti ridotti a vera antracite. La generale trasformazione del litantrace in antracite nelle regioni delle Alpi, è un fatto di cui deve occuparsi la geologia endografica, non la stratigrafia. Anzi nelle Alpi, in luogo dell'antracite, troviamo spesso la grafite, ultima degradazione del litantrace. Tuttavia alla grafite si associano ancora, p. es. a Briançon, le impronte dei vegetali carboniferi. Mortillet, riferendo questo fatto,[4] aggiunge, come la grafite riveli il terreno carbonifero fin entro la massa cristallina del Monte Bianco, all'elevazione di 3,400 metri.

540. Volendo conoscere meglio le particolarità di quella zona immensa, quali si manifestano nelle diverse regioni, seguiremo dapprima le traccie

[1] Dalle notizie raccolte dal signor Negri si rileva, che la zona dei terreni protozoici e paleozoici si distende dalle Alpi Marittime al Monte Rosa. Quei terreni cominciano al Mediterraneo nelle vicinanze di Savona. I paleozoici sono composti di puddinghe ed arenarie, associate a terreni cristalloidi (gneiss, micaschisti) e a terreni cristallini (graniti o porfidi), e si spingono da Savona fin presso al Colle di Tenda. Il confine occidentale della zona paleozoica passa presso Oulx, e, piegando a nord-est, tocca Susa, il Monte Menon, e il Monte Lavanna, la Valle dell'Orso, Verres nella valle d'Aosta, e si dirige al Monte Rosa. Il confine orientale comincia a nord di Demonte, e si innalza a nord, accompagnato fino a Pinerolo da formazioni triasiche, indi si volge a nord-est, toccando Ivrea, Aosta, la Valsesia, Arona, Luino. Lungo questa linea i terreni paleozoici vengono a contatto, ora immediatamente colle formazioni terziarie della pianura piemontese, ora con formazioni calcaree e dolomitiche del trias e del lias, ora con ammassi di porfido.

[2] *Urwelt der Schweiz.*

[3] *Explication de la carte géologique du Mont Blanc.*

[4] *Géologie et minéralogie de la Savoie.*

di Heer, che nella sua opera *Urwelt der Schweiz* riassume quanto di meglio fu scritto in proposito dai diversi autori.

La regione carbonifera, di cui primamente ci occupiamo, si distende adunque, come accennammo, sopra una vasta estensione, nelle montagne sulla sinistra del Rodano, e, dopo essersi dilatata nelle Alpi della Savoja e del Piemonte, si spinge fin nelle Alpi del Delfinato.

541. I pezzi più antichi nelle Alpi Svizzere, dice Heer, sono le due colossali piramidi nel gruppo del Vallese, il Dent de Morcle ed il Dent du Midi. Le loro falde constano di roccie carbonifere. Vi si distinguono due località, note già da lungo tempo come fossilifere: l'una presso Weiler di Erbignon; l'altra è sul lato sud del Dent du Morcle, nell'Oltre-Rodano. In un'arenaria dura si scoprono copiose impronte di piante carbonifere. La sostanza vegetale vi è sostituita dal talco, bianco-giallic-cio, argentino. Tale sostituzione, dovuta ad un processo metamorfico, di cui ci occuperemo più tardi, si verifica anche in altre località della Svizzera o della Savoja. Sul fondo nero delle arenarie o degli schisti, le felci carbonifere si disegnano, con tutte le loro squisite particolarità, quasi miniate con vernice argentina, da valente pennello. Ho detto « sul fondo degli schisti », perchè infatti è questa la forma ordinaria delle roccie carbonifere nella Svizzera, nella Savoja, ecc. Tali schisti sono ricchi di filliti a Vernayez, presso la celebre cascata di Pissovache, al Col delle Balme, nella Vallorsina, e più oltre verso sud, a nord-ovest del villaggio di Tour, nelle Posettes.

542. Altre località, ricche di piante carbonifere, si incontrano, seguendo il corso dell'Arve, come al Mont-du-fer, sul pendio ovest del Brevent, presso Servoz; sulla sponda sinistra del Dioze, ed anche sulla destra presso Moide; più lunge a Taninge, nella valle del Giffre, confluente dell'Arve.

Altre si allineano lungo l'Isère, cioè Colombe en Epulan (valle di Hauteluce); il fianco sud del Monte Joli, presso la Mure; e il famoso Petit-Coeur, presso Moutiers. Le indicate località sono tutte comprese in quella zona vastissima che dall'alto Vallese (potrebbe dirsi dalle sorgenti dell'Adda e del Reno) si spinge, attraverso la Savoja, fin nel Delfinato, immensamente dilatandosi verso sud-est, in guisa da occupare le Alpi del Piemonte, gettandosi sui versanti italiani.

543. Su tutto questo tratto le montagne sono quasi letteralmente formate di terreno carbonifero, frastagliato soltanto o dai terreni cristallini che affiorano per disotto, o da scarsi brani di terreni più recenti che lo incrostano al disopra; salvo però una gran zona di terreni triasici e giuresi, che divide il gruppo del Monte Bianco, colla sua parte di zona

carbonifera, dal gran gruppo orientale del Vallese e della Savoja e del Piemonte, ove la zona carbonifera raggiunge la sua massima espansione.

544. Oltre le citate località, molte altre, sulla sinistra del Rodano, sono segnalate, o per le impronte di piante carbonifere, o per la presenza di letti d'antracite che, nelle Alpi, sono letteralmente sostituiti ai letti di litantrace delle altre regioni carbonifere del globo. Luoghi noti come antracitiferi sono le miniere di Etablon; Tennen, presso Turtmann; Rechy; Brancois, presso Sion; Chandoline; Baar, tra Aproze e Rendaz; Aproze, Haute-Rendaz, Iserablo, Laos (Entremont), Mont de Planard, miniere di Chandagne e di Commère (Liddes), Col de Fenêtre. Lo scavo della antracite si è attivato in alcune dello località citate, pel ricavo complessivo di 60,000 quintali (Zentner), al prezzo di 1 lira a 1,20 ciascuno. Le traccie del carbonifero, dice Heer, sono del resto scarse nelle altre parti della Svizzera. Sulla linea delle Alpi però, gli schisti antracitiferi scopronsi ancora verso oriente, nello Steiermark o sullo Stangalp, coll'identica flora carbonifera del Vallese.

545. Volendo conoscere meglio i particolari del terreno carbonifero della Savoja, bisogna ricorrere al signor G. Mortillet, che si occupò con tanto esito della geologia della Savoja, e delle questioni circa il terreno antracitifero delle Alpi.

La zona carbonifera, come ce la descrive, partendo dalle frontiere della Francia, attraversa successivamente la valle dell'Arel tra Saint-Michel e Modane; quella del Duron, tra Brides e Pralogna; quella dell'Isère, tra Aime e Tignes, e penetra in Piemonte.

Questa zona è ricchissima di antracite, che vi è scavata in molte località: Valloires, les Encombres, Saint-Martin de Belleville, les Allues, Brides, Montagny, Bozel, Longefoy, Aimo, Macot, les Chapelles, Pesez, Bourg-Saint-Maurice, piccolo San Bernardo, Saint-Foy, ecc. I letti d'antracite trovansi negli schisti neri, a volta a volta ricchi d'impronte; ma la forma dominante del terreno carbonifero è il grès.

546. Sarebbe interessantissimo per noi l'avere notizie più particolarizzate, specialmente circa i versanti italiani delle Alpi. Difatti i signori Lory e Vallet lavorano da lungo tempo ad una carta geologica della Savoja, che dovrà, ritengo, comprendere anche le regioni del Piccolo e del Gran San Bernardo, e parte almeno della valle d'Aosta. Anzi essa carta fu dagli autori presentata alla Società Geologica di Francia nella seduta del 9 aprile 1866.[1] La *Nota* con cui il signor Lory la accompagnava, inserita negli *Atti*, promette assai.

---

[1] Vengo a sapere che questa carta venne recentissimamente publicata, ma non mi è ancora pervenuta.

547. Anche l'ingegnere Gerlach delineò, su larga scala, la carta geologica dei versanti italiani, specialmente di quelli che fiancheggiano la valle d'Aosta. Giova quindi sperare che sarà presto arricchita la scienza di così importanti documenti, i quali varranno assai a trarre la geologia alpina da quello stato d'infanzia, in cui venne trattenuta per sì lungo tempo.[1] Eccovi intanto alcune notizie, di cui vado debitore alle gentili verbali communicazioni dell'ingegnere Axerio.

548. Il terreno antracitifero è sviluppatissimo sui fianchi del piccolo e del gran San Bernardo, verso la valle d'Aosta. I giacimenti di antracite vi esistono numerosi e ricchissimi: le località più note, per lo sviluppo di tali depositi, sono la Thuile e Morgex.

La formazione carbonifera vi si presenta in generale, come in Tarantasia, sotto forma di schisti neri, talcosi, o di filladi L'ingegnere Axerio vi contò almeno sei letti di antracite, dello spessore di 1 a 3 metri, e potè seguirli sopra un'estensione di circa 20 chilometri. L'antracite è magra estremamente: la migliore lascia un residuo del 33 per 100 di ceneri argillose; in media del 30 per 100. Vi si abbrucia per usi domestici, o per cuocervi la calce. Superiormente agli schisti antracitiferi abbondano i ferri ocracei e i gessi. Questi ultimi, così sviluppati in seno alla zona triasica delle Alpi di Savoja, accennano alla presenza del trias, incombente, come di buona ragione, al terreno carbonifero.

549. La *Nota* citata del signor Lory ci metterebbe in grado di aggiungere molti altri particolari che interessano sommamente la geologia alpina, ma che, per essere intelligibili, ci obbligherebbero ad entrare in una folla di questioni e di particolari. Risulta ad ogni modo, che la zona carbonifera è sviluppatissima, rappresentata, in genere, dal grès antracitifero. La grande catena, che comprende il Piccolo e il Gran San Bernardo, le montagne della valle d'Aosta, dell'alta Savoja, e si spinge da Sion fino a Briançon, ne è quasi per intero costituita. Su tutta questa linea gli strati del trias si applicano irregolarmente contro il grès antracitifero. Il grès ad antracite vi presenta uno spessore di più migliaia di metri. Nella gola dell'Arc, tra Saint-Michel e Modane, gli strati carboniferi si elevano all'altezza di 2000 a 2500 metri sul pelo del fiume. I letti di antracite vi sono numerosi, ma in media non passano un metro di spessore, salvo in alcune località, ove si notano de' rigonfiamenti; come

[1] L'ingegnere Gerlach perì, vittima della scienza, miseramente colpito da un sasso, pochi mesi or sono (settembre 1871) mentre stava ultimando i suoi studi, credo sulle Alpi del Vallese. La carta geologica, a cui si accenna, venne, se fui ben informato, ceduta al governo italiano. Si può egli sperare davvero di vederla fatta di pubblica ragione!

in altri si indicano delle strozzature. Tutto concorre infine a darci una idea imponente dello sviluppo di quel terreno, il quale testè, relegato dalla scienza fuori dei limiti delle Alpi, viene dalla scienza ricondotto ad uno dei suoi più ampi dominî, e si mostra sovrano del massimo rilievo d'Europa. Nelle regioni carbonifere più orientali, descritte più particolarmente da Lory, si scoprono di rado le impronte dei vegetali, e i fossili riduconsi, per lo più, a tronchi di *Sigillaria*, di *Lepidodendron*, e di *Calamites*. Ricche d'una flora stupenda sono, invece, come vedemmo, le regioni più occidentali della Svizzera e della Savoja.

550. Anche nella regione delle Alpi cresceva dunque vigorosa questa flora, universale per eccellenza, che possedeva le longitudini del pari, che le latitudini più disparate del globo. Heer riconobbe 60 specie di vegetali. Di queste 46 furono già offerte dalle diverse località carbonifere dell'Europa e dell'America; 26 specie sono communi al Nord-America e alle Alpi! Predominano nella flora alpina le felci; ma non mancano le *Sigillaria* e i *Lepidodendron* (di cui Heer anatomizza i frutti e le spore), le *Calamites*, ecc. Eccovi, infine, nella seguente lista, un saggio di quella flora:

Sigillaria Dournaisii Br.
Lepidodendron Veltheimianum Strn.
Lycopodites falcifolius Hr.
Calamites Cistii Br.
Annularia brevifolia Br.
» longifolia Br.
Sphenophyllum Schlotheimii
Sphenopteris tridactylites Br.
» irregularis Strnb.
» acutiloba Strnb.
Neuropteris flexuosa Strnb.
» gigantea Strnb.
» Loberti Hr.
Neuropteris Loshii Br.
Cyclopteris auriculata
» lacerata Hr.
Odontopteris Brardii Br.
» minor Strnb.
Pecopteris cyathea Schl.
» arborescens Schl.
» lamuriana Hr.
» muricata Br.
Antholithos Favrei Hr.
Rhabdecarpos candollianus Hr.
Cordaites borassifolia Strnb.

551. Dacchè a sì chiaro note, e con sì ampio sviluppo, è sancita la esistenza del terreno carbonifero nelle Alpi, ne sarebbero esclusi i rappresentanti degli altri periodi paleozoici? Io nol credo punto. Heer intanto ritiene rappresentato il Permiano, nella Svizzera, dalla Sernifite, che gode uno sviluppo tutto parziale nel Cantone di Glarus. È un'arenaria rossa, sviluppatissima nella valle di Sernf (Sernfthal, ovest di Glarus) che passa al conglomerato (Sernfconglomerat), contenendo quarzo, gneiss, schisti argillosi, porfidi, ecc. Questa formazione costituisce i colossi alpini di quella regione, come il Kärps, l'Haustock, elevati, l'uno

8613, l' altro 9715 piedi sul livello del mare. Si rassomiglia molto, dice Heer, al famoso Rothliegendes di Turingia e Sassonia, formazione associata agli schisti cuprei (Kupferschiefer). Anche nel Cantone di Glarus furono coltivate, su grande scala, le miniere di pirite cuprea (solfuro di rame). I grandi giacimenti di rame, aggiunge Heer, caratterizzano il Permiano in tutta Europa, e fino nel Nord-America.[1]

552. Del resto il complesso delle formazioni alpine corrisponde così bene al complesso delle formazioni, in cui si potè già altrove leggere la storia delle epoche primissime, che io non dubito punto di affermare, che la regione delle Alpi era anch' essa sommersa nei periodi laurenziano, cambriano, siluriano, devoniano; e che uno studio perseverante ci rivelorà, ad uno ad uno, gli equivalenti di quei depositi antichissimi. Intanto i geologi alpini non fanno che segnalare, in massa, una zona di terreni cristallini stratificati, nella quale comprendono tutti i terreni (e sono masse sterminato), che stanno inferiormente agli strati riconosciuti come carboniferi.

553. Ma lo stesso Favre, delineando la *Carta geologica del gruppo del Monte Bianco*, si trova imbarazzato nel segnare i confini tra il *terreno carbonifero* e gli *schisti cristallini* più antichi. Nell'uno e nell'altro gruppo vi sono roccie che si assomigliano, e l'ordine di sovrapposizione non è sempre distinto. Intanto nota egli stesso la presenza della grafite, in schisti talcosi, o cloritici, come indizio di organismo e di vita, e si sente condotto a classaro, tra le formazioni paleozoiche, gli schisti cristallini del Monte Bianco, di Beaufort, ecc., nei quali riconosce «una grande somiglianza coi terreni determinati come siluriani in Inghilterra e altrove». Quel complesso di schisti passa poi insensibilmente a roccie più cristalline, del tipo svariatissimo de' gneiss.[2] I gneiss si appoggiano all'enorme massa di *Protogino* (granito talcoso), ove, in luogo di una eruzione primissima, vorrebbesi ora riconoscere, ma a torto, un sedimento primitivo. Graniti, dioriti, serpentini, porfidi, roccie emersorie o granitiche di ogni specie, fanno capolino da ogni parte, sotto quella massa sconfinata di strati sedimentarî, subcristallini, o cristallini, più antichi del trias, che, propriamente parlando, costituiscono la più grande catena di Europa.

554. Dopo aver tolto quella specie di antico veto, che escludeva il *terreno carbonifero* dalle Alpi, nascerà forse il desiderio di sapere se lo si può levare ugualmente alle nostre industrie, dannate a servirsi di combustibili stranieri. Abbiamo già detto come i letti di combustibile nelle

---

[1] *Urwelt der Schweiz*, pag. 35

[2] *Explication de la Carte géologique*, ecc., pag. 32.

Alpi abbiano sofferto, finora senza eccezione, un grado di trasformazione più profondo che altrove; e come tutti siano conversi in antracite, quando nol siano in grafite. Parmi tuttavia sia tempo di richiamar l'attenzione anche sopra quei giacimenti, finora trascurati, anzi, dai più, ignorati. Un qualche cosa, ad ogni modo, sarà meglio del niente. Se l'antracite non dà luce, ardo però e cuoce: è un combustibile che, sopra tutti i combustibili fossili, ha il doppio vantaggio di mantenere più a lungo il fuoco, e di possedere il più grande potere calorifero. Anche dalla torba, spregiata, ignorata per tanto tempo in Italia, non trasse l'italiana industria insperati vantaggi? Gioveranno ad ogni modo le seguenti notizie, che io traggo dalla già citata opera del signor Mortillet.[1]

555. L'antracite è, quanto si può dire, abbondante nella Savoja. Mortillet nomina 70 località della Savoja propriamente detta, della Moriana, della Tarantasia, e del Faucigny, ove si scoprono letti di antracite. Nel 1850 però, in tredici località soltanto, erano attivati degli scavi regolari, il cui prodotto complessivo era, per quell'anno, di 1,333,600 chilogrammi. In altre località l'antracite era tuttavia scavata per usi locali. La composizione di quel combustibile varia, secondo le località, dando da circa 11 a 34 per 100 di ceneri, o da 60 a 83 per 100 di carbone. In genere si può dire priva di materie volatili. Quella di Bozet, in Tarantasia, ne offrì tuttavia il 7,25 per 100.

556. S'è già detto come i letti d'antracite più meritevoli di considerazione non presentino d'ordinario che uno spessore di 1 a 3 metri. Tuttavia Lelivec fa menzione di strati a Montagny, presso Moutiers, della potenza di 7 a 8 metri; e il signor Mortillet dichiara di aver constatato, nella miniera d'antracite di Champ-Dernier, alla Perrière presso Moutiers, uno spessore di 12 metri e qualità eccellente. Con ciò intendo rettificare, o almeno ridurre ai giusti termini, quanto ho detto altra volta (§ 46) sulla cattiva qualità o sul poco sviluppo dell'antracite delle Alpi.

L'uso di quel combustibile è, si può dire, ristretto alle singole località dove sono aperti gli scavi. Serve al riscaldamento delle case, alla riduzione del piombo, alla evaporazione delle saline, alla cottura della calce e del gesso, e si adopera anche alla riduzione del ferro nelle officine.

557. Parmi che tali notizie meritino tutta l'attenzione. Parlammo della Savoja, perchè di quelle località soltanto abbiamo notizie alquanto particolareggiate; ma, se qualche profittevole conseguenza se ne può dedurre, vale anche per le località poste sui versanti italiani, ove l'antracite è del pari, e forse più ancora abbondante. Credo quindi profit-

[1] *Géologie et minéralogie de la Savoie.*

tevole il tradurre qui letteralmente alcuni periodi del signor Mortillet, che riflettono la possibilità di giovarsi, un po' meglio che non siasi fatto finora, dei vantaggi, da noi troppo spesso ignorati, che possiamo cavare dal nostro suolo.

« La difficoltà del trasporto, da una parte, e la natura del combustibile, dall' altra, hanno arrestato lo sviluppo dell' estrazione dell' antracite. Ma siccome il combustibile va divenendo di giorno in giorno più scarso e più caro, è a presumersi che l' antracite sarà ben presto chiamata a rappresentare la sua parte nell' economia domestica e nell' industria. Le ferrovie ne faciliteranno lo smercio.

» L' impiego dell'antracite negli usi domestici è vantaggiosissimo. Tale impiego si generalizzerà certamente. Ho visto nll'albergo Reale di Lanslebourg una cucina, stabilita da Milhomme, pel servizio dell' albergo, che funzionava assai bene, senza alcun odore, e con molta economia.

» Al seminario di Grenoble si fa la cucina per 200 persone, col consumo quotidiano di 55 chilogrammi di antracite, e colla spesa tutt' al più di franchi 1,80 al giorno.

» L' antracite di Savoja è, per isventura, assai fragile, e presto si sbricciola. Ecco l' ostacolo principale al suo smercio, ed al generalizzarsene dell' impiego. Ricerche intelligenti, dirette a comentarne i frantumi, e a fabbricarne solide formelle, lasciano sperare che si sarà presto rimediato perfettamente all' inconveniente notato. Si potrà forse, per mezzo di quegli agglomerati, impiegare le antraciti al riscaldamento delle locomotive; ciò che non si ottenne finora, ad onta di numerosi esperimenti [1] ».

Dopo questa diversione, fatta unicamente per rispondere, come meglio si potesse, alle esigenze dell' industria, la scienza ci riconduce sulle traccie de' terreni paleozoici, nelle regioni più centrali delle Alpi.

558. La forma degli schisti neri, argillosi e talcosi, a impronte di piante carbonifere, o scompare o si mostra sotto altre forme, a partire dalle località del Vallese, citate da Heer. Dove precisamente svanisca, verso nord-ovest, questa forma, che si può dire, litologicamente e paleontologicamente, tipica, nol saprei, nè altri facilmente ve lo potrebbe indicare. È un fatto però, che nel grande gruppo più centrale delle Alpi, al luogo degli schisti neri e dei grès antracitiferi, stanno altre roccie, di varia natura, le quali però, in genere, mantengono ancora la fisonomia paleozoica, con predominio di quella forma subcristallina che caratterizza altrove più particolarmente gli antichissimi terreni siluriano, cambriano,

[1] *Géologie et minéralogie de la Savoie*, 4.ª Part., pag. 23.

protozoico. Nel gruppo centrale delle Alpi intendo di comprendere nominatamente il gruppo del San Gottardo, del Lukmanier, dello Spluga, dell'Engadina, dello Stelvio, in genere la gran regione montuosa dei Grigioni, coi rispettivi versanti italiani, specialmente la grande catena sulla linea nord della Valtellina. La recentissima opera di Theobald [1], la quale accompagna i fogli della gran carta geologica della Svizzera, che si pubblica a spese della Società elvetica di scienze naturali e del governo, comprendenti il cantone de' Grigioni co' suoi dintorni, non lascia nulla a desiderare circa l' analisi dei terreni, riconosciuti d'epoca paleozoica. Mi attongo a questo importantissimo documento, con tanta maggior fede, in quanto posso dirmi famigliare io stesso a buona parte delle descritte località.

559. Nel gruppo centrale delle Alpi abbiamo il vantaggio (assai apprezzabile in una regione così accidentata e così deserta di fossili) di un orizzonte quasi costante e sicuro. Sono ancora le roccie ascritte al trias inferiore, cioè alle *arenarie variegate*, che verranno più tardi descritte: sono arenarie e puddinghe rosse, talvolta sostituite da sole quarziti. È maraviglioso a vedersi, sui fogli pubblicati da Theobald, come questo orizzonte si svolge, con sicuri serpeggiamenti, entro gli infiniti labirinti delle masse alpine. Fra questa zona triasica, e la zona enorme dei micaschisti, dei gneiss, dei terreni cristallini in genero, si insinua un'altra zona, la cui fisonomia subcristallina, proteiforme, non lascia di mostrare dei lineamenti abbastanza costanti all' occhio esercitato del geologo. Dal Passo di Casanna (Casanna-Pass nell' Engadina), ove la zona accennata è marcatissima, Theobald le diede il nome di *schisti di Casanna* (*Casanna-Schiefer*). Da quel punto, dice Theobald, gli schisti di Casanna si spingono ad est, verso la Valtellina, dilatandosi ad ovest, nell' Engadina. Del resto, mostransi ovunque nelle Alpi Grigione sempre medî tra i veri terreni cristallini o cristalloidi o quelli di pretto sedimento.

560. La fisonomia di quegli schisti è, come dissimo, varia assai; anzi non si può dire nemmeno ben delimitata la zona che essi costituiscono. Più cristallini d' ordinario verso la base, e meno verso la sommità, si fondono del pari e cogli schisti cristallini, che li sopportano, e colle arenarie variegate, che li coprono. Confesso il vero, che, per lungo tempo, non seppi punto distinguere questa zona superiore dalla inferiore, assolutamente cristallina. Anche al presente mi troverei in grave impiccio, se volessi definire quei caratteri che si direbbero semplicemente fisonomici, quelle gradazioni insensibili, quella miscela di tipi, che caratterizzano la zona

[1] *Geologische Beschreibung von Graubunden.*

in discorso. Più di tutto però vale il fatto della esistenza di essa zona, che si individualizza nella serie, e che, salvo qualche incertezza di confini, si può descrivere o delineare sulla carta.

Theobald la descrive difatti assai bene, quale essa si presenta ordinariamente.

561. La parte superiore degli *schisti di Casanna*, dove passano alle *arenarie variegate*, consta di schisti micacei, per lo più rosso-bruni, o g'allastri, più o meno prossimi ai micaschisti, ai talcoschisti, agli schisti argillosi. Più basso, gli schisti si fanno, di solito, nerastri, grigi; talora morbidi al tatto, e quindi d'indole talcosa; talvolta aspri, e quindi di indole quarzosa. Più basso ancora abbiamo degli schisti micacei, morbidi al tatto, di color plumbeo, composti, quasi interamente, di lamelle di mica. La superficie degli strati copresi sovente quasi d'una vernice di antracite o di grafite. La parte più bassa, finalmente, è quanto si può dire polimorfa; quarziti e schisti talcosi, bianco-verdicci; micaschisti multiformi; schisti cloritici; schisti, quasi schisti amfibolici; schisti quasi gneiss, e così via via, fino a confondersi coi veri gneiss. Non mancano nemmeno, di tanto in tanto, gli schisti neri argillosi, o forme somiglianti, che richiamano gli schisti antracitiferi dei gruppi alpini più occidentali.

562. Certamente sotto questa maschera di metamorfismo si celano il terreno carbonifero non solo, ma i paleozoici più moderni e più antichi,[1] rimanendo ancor tutta la zona dei terreni cristalloidi stratificati a rappresentare meglio, nel caso, il cambriano e il protozoico. I fossili, dice Theobald, non mancano, ma, per isventura, sono indeterminabili. Gli spessi intercalamenti di grafite sono tali però da rilevare, a preferenza, il periodo carbonifero. Aggiungi i calcari saccaroidi, purissimi, che vengono sì spesso a rompere la monotonia di quella immensa massa schistosa. Nei dintorni di Bormio, e precisamente nel fitto della zona degli *schisti di Casanna*, i calcari saccaroidi, bianchi o venati, in banchi regolari, assai potenti, alternano con masse stratiformi di porfidi amfibolici. Si può dire anzi, che una zona calcarea segni un vero orizzonte entro quella massa schistosa, semicristallina, percorrendo un tratto di forse 30 chilo-

[1] Il signor Negri, riconoscendo pure come la zona degli *schisti di Casanna*, fissata dal signor Theobald, comprende a un dipresso tutti i terreni schistosi, ne vuole conservato il nome soltanto per indicare la posizione superiore di quella zona che mantiene, con mirabile costanza, lungo tutte le Alpi, i caratteri littologici di uno schisto nero, o bigio, o bruno, a strati sottilissimi, poco cristallino. Ridotti entro tali confini, gli schisti di Casanna sarebbero equivalenti a quelli che contengono in Val-Trompia una flora permiana, e presso Tergove (Alpi Carniche) la flora del carbonifero superiore. Ciò vuol dire che, anche così ridotta, la zona degli schisti di Casanna si estende a due periodi paleozoici: il *permiano* e il *carbonifero superiore*.

metri, dal Monte Cristallo alla sponda dell'Adda, attraverso il Monte Sobretta, dove presenta uno spessore di forse 60 metri. Nella zona stessa de'gneiss e de'micaschisti affiorano sovente i calcari.

563. La conclusione è, che anche in questo gruppo sterminato delle Alpi centrali esiste una zona di terreni, la quale non teme per nulla il confronto con quella che, nel Nord-America, comprende la serie dei terreni più antichi, dal permiano all'azoico: che se i singoli terreni sono indistinti, per difetto di fossili, non sono perciò meno, nella loro totalità, rappresentati.

564. La cosa riesce ancora più evidente a chi esamini la catena delle Prealpi lombarde. Un primo gruppo di montagne prealpine si stacca dalle Alpi principali e si insinua tra le valli del Ticino e dell'Adda, levandosi, quasi a modo di una grande penisola, tra i laghi di Como e di Lugano e il Lago Maggiore. I rilievi meridionali contano distintissima quasi tutta la serie dei terreni, dal pliocene al trias inferiore, partendo dai dintorni di Varese per arrivare a quelli di Luino e di Lugano. Più oltre, i grandi rilievi a nord presentano quella fisonomia multiforme, eppure nel suo complesso così spiccata, che è propria dei terreni più antichi in tutte le regioni del globo. Alle grandi masse cristalline (graniti e porfidi) si associano i terreni cristalloidi, d'immenso spessore e d'infinite varietà (gneiss, micaschisti, schisti amfibolici, ecc.). Impossibile finora fissare degli orizzonti decisi. Evidentemente qui, come in generale nelle Alpi, il metamorfismo è assai più avanzato che in altre regioni, e i terreni, sedimentari di origine, sono più completamente svisati. Vedremo però più opportunamente altrove, come siasi tentato di schiarire alquanto quell'oscuro ammasso di terreni, che rappresenta, in globo, i terreni paleozoici e protozoici, e come, p. es., la celebre massa di porfidi del lago di Lugano rappresenti il permiano. Una fortunata scoperta venne però recentemente a fissare almeno un orizzonte sicuro, e questo è il *carbonifero*.

565. A nord di Lugano, sulla sponda destra dell'Agno, presso il villaggio di Manno, si scoprì una puddinga, diversa affatto dalle puddinghe triasiche riconosciute in tutto quel gruppo di montagne. Quella puddinga, composta di ciottoli di gneiss, micaschisto, granito e quarzo, contiene, dove è più fina, convertendosi in grès grossolano, numerosissimi vegetali indubbiamente d'epoca carbonifera. Essi sono molto male-conservati, per cui sarà difficile il determinarne le specie: ma i generi sono i più caratteristici del terreno carbonifero. Io stesso ho osservato in gran copia, e raccolti, *Calamites*, *Sigillaria* e *Lepidodendron*. I signori Negri e Spreafico hanno poi ultimamente verificato, che quelle puddinghe sono incassate tra due gruppi di micaschisti, contenenti un gran numero di straterelli

di antracite. È la prima volta che nelle Prealpi nostre si distingue con sicurezza il terreno carbonifero.

566. Passando sulla sponda orientale del lago di Como, troviamo la catena delle Prealpi, allineata sulla sinistra della Valtellina, da ovest a est, parallela, approssimativamente, alla catena centrale delle Alpi. Anche qui i rilievi meridionali appartengono alla serie dei terreni più recenti, dai terziarî ai triasici. Tra le parziali catene che compongono, correndo parallele fra loro, la catena delle Prealpi, torreggia la catena dolomitica, che conta i più spiccati colossi, in forma di seghe e di aguglie, formate dalla dolomia superiore del trias. Ma a nord di questa ne abbiamo altre, formanti i rilievi di una gran zona, composta di terreni cristallini e cristalloidi, coi soliti caratteri dei terreni più antichi.

567. Trattasi di una zona forse la più estesa, di una formazione forse la più potente, nelle Prealpi lombarde. Per isventura essa si dilata in regioni così inospiti, costituisce delle cime così faticose, che il geologo, il quale si prefigga il cómpito di esplorarla, deve essere camminatore a tutta prova, e animato dallo spirito della più perfetta abnegazione. Le Prealpi lombarde (parlo della più elevata catena, che separa le provincie di Bergamo e di Brescia dalla Valtellina e dal Tirolo) sono, per molti versi, più disastrose delle Alpi: creste più irte, valli più ripide, regioni più sterili, e quindi più deserte: mancanza di guide: carestia perpetua. Mentre le vette nevose delle Alpi svizzere sono ormai fatte ricetto di cittadina mollezza, qui vi trovate privo fin de' più indispensabili conforti della vita; sicchè vi dovete sovente imporre delle tappe sproporzionate alle vostre forze, sol per conquistarvi, a notte tarda, un giaciglio. Mi sono permesso quest'uscita, soltanto perchè sta qui, per mio avviso, la ragione per cui quelle montagne rimasero finora quasi inesplorate, e per prevenirvi che non agevole è il cómpito di chi volesse perlustrarle a dovere, come lo esigono il progresso della scienza e la possibilità di scoperte proficue all'industria. Non foss'altro, le ardesie, che si estraggono in più luoghi entro questa zona, ad alimento di un'industria microscopica e tutta locale, non meritano esse di venir prese in considerazione, ora che la facilità dei mezzi di trasporto avvicina i centri della ricchezza mineraria ai centri industriali che possono approfittarsene?

568. Tornando in argomento, la zona in discorso occupa le più alte regioni delle nostre valli, spingendosi dal Pizzo de' tre Signori, al sud di Morbegno, a Ca-San-Marco, al Monte Cavallo, al Pizzo Stella, al Pizzo del Diavolo, al Monte Gleno fino all'alta Val-Camonica. Qui, quasi sentisse l'impulso di una gran massa granitica, che costituisce i due gruppi del Monte Adamello e del Monte Frerone, si ripiega, con tutte le formazioni

lombardo, a sud, per ripigliar quindi la via verso est, e raggiungere il ponte del Caffaro, e gettarsi in Tirolo.

569. La via più facile per riconoscere primamente questa zona, è quella di partire da Ardese in Val-Seriana e recarsi a Fiumenero e a Bondione, quindi salire al Passo di Cocca per discendere in Valtellina, oppure, per l'angusto Passo-della-Portola a nord del Monte Madonino, cercare le sorgenti del Brembo sopra Carona e Branzi, dove vi trovereste nel cuore della formazione, con quanto essa ha di più tipico e di più atto a richiamarvi le masse schistose, a piante carbonifere, della Savoja e del Vallese. La riproduzione delle forme littologiche del gruppo antracitifero delle Alpi è qui, quanto si può dire, perfetta. Anzi la zona riferibile al terreno carbonifero ed ai terreni paleozoici in genere, ha qui uno spessore assai più considerevole che nelle Alpi. La è questa appunto che io aveva di mira, quando osai, più sopra, assegnare ai terreni, compresi tra le *arenarie variegate* e i *terreni cristallini*, uno spessore di 10,000 metri almeno. La natura petrografica poi trova, nelle sue infinite varietà, tutti i possibili corrispondenti colle roccie paleozoiche d' Europa e del Nord-America.

570. Partendo da Ardese, si attraversano le calcaree, riferibili ai diversi membri della serie triasica, quindi le puddinghe rosse, riportate all'*arenaria variegata*. Così si giunge presso Gromo, dove si spiega una prima zona, assai potente, di schisti micacei, o talcosi, che potrebbe indurre in errore qualunque più esperto geologo, facendogli credere di aver toccata la zona delle vere roccie cristalline. Ma presso Fiumenero la scena cambia col succedersi di una zona di schisti neri, argillosi o talcosi, come gli antracitiferi di Savoja; quindi una massa proteiforme di grès schistosi, quarzosi, talcosi, rossi, verdi, che, a Bondione, dan luogo a puddinghe, generalmente verdi, a grossi elementi di quarzo. Per giungere alla Portola, voi attraversate quanto di più vario possono offrire i grès nel colore, nella grossezza e nella mescolanza degli elementi. Ma quando siete discesi alle sorgenti del Brembo, a Carona, ai Branzi, a tutto prevale la forma degli schisti ardesiaci, neri, carboniosi, che richiamano, come dissi, gli schisti del Vallese, della Tarantasia, della Moriana, così ricchi di piante carbonifere. La somiglianza è così sentita, e la posizione stratigrafica è tale, che i geologi, italiani e stranieri, convennero nel riconoscervi il *carbonifero*, e appunto come tali sono quegli schisti segnalati da lungo tempo sotto il nome di *schisti di Carona*.

571. Non avendo migliori particolari da aggiungere, affretterò le conclusioni. I dati littologici e stratigrafici sono più che sufficienti a stabilire, colla pluralità dei geologi, che quella zona rappresenta i terreni paleozoici,

nominatamente il *terreno carbonifero*. Se dati migliori non si raccolsero, se i fossili fanno finora difetto, ciò è da attribuirsi anzi tutto all'assoluta mancanza di indagini sufficienti. Trattasi dunque d'una vasta regione inesplorata, cioè da esplorarsi, con risultati certi per la scienza, sperabili per l'industria. Ci conforti intanto il sapere come, sul prolungamento della zona descritta, nelle montagne tra la Val-Camonica e la Val-Trompia, negli schisti che si interpongono tra l'arenaria variegata e i porfidi, si rinvenne recentemente una flora abbastanza ricca, prima ritenuta carbonifera, poi determinata indubbiamente come permiana dal professore Geinitz. [1]

572. La zona paleozoica si inoltra nelle Alpi venete. Si distende dapprima nel Vicentino. Leggendo infatti la descrizione che il professore Pirona, in un suo recente scritto, [2] ci porge di quella formazione del Vicentino, la quale passa convenzionalmente sotto il nome generico di *micaschisti*, è facile rilevare come non sia dessa che la riproduzione di quella zona alpina, la quale, a tutto diritto ormai, si ascrive ai terreni paleozoici.

Il così detto micaschisto del Recoarese, dell'Agordino e di molti siti delle Alpi meridionali, si manifesta, per lo più, come schisto talcoso (Lardaro del Vicentino): talora passa allo schisto cloritico, o allo schisto argilloso. Ordinariamente è grigio plumbeo, o verdastro, o rossastro, untuoso al tatto, splendido, duro. In qualche luogo questa formazione contiene dell'antracite. Alcune varietà di schisti si accostano agli schisti neri della formazione carbonifera della Carnia. Eccoci dunque, direi, ripetuta in tutti i suoi particolari, la zona paleozoica delle Alpi centrali, coll'aggiunta degli schisti neri delle Alpi occidentali e delle Prealpi lombarde. Aggiungi un conglomerato di frammenti schistosi, con cemento micaceo, rosso-bruno, che si scorge in Val-Calda, in Val-Mondonovo, in Val-del-l'Orco, località del Recoarese, e si ripete nel Bellunese e nel Cadorino. Anche questo conglomerato è sottoposto alla *arenarie variegate*, ed è da Schauroth, del pari che da Pirona, ascritto ai terreni paleozoici.

573. Procedendo verso i confini orientali della gran cerchia delle Alpi, troviamo attribuita da Foetterle alla *formazione carbonifera* una zona di schisti o di calcari, a nord-est del Veneto, onde risultano i massimi rilievi sui confini del Tirolo e della Carinzia.

---

[1] Il prof. GEINITZ riconobbe le seguenti specie: *Walchia piriformis* Schl., *Walchia filiciformis* Schl., *Schizopteris fasciculata* Gutt., *Noeggerathia expansa* Brong., *Schenopteris oxidata*.

[2] *Costituzione geologica di Recoaro e de' suoi dintorni.*

È la zona che venne illustrata da Stür,[1] e si vede ora colorata, in doppia tinta, nelle carte geologiche pubblicate dall'Istituto geologico di Vienna. Consta difatti di una doppia zona di schisti argilloso-micacei e di calcari (*Gailthalerschiefer und Kalk*), riferiti in genere, dai geologi austriaci, alla formazione carbonifera. Questa zona fu studiata specialmente sulle estreme Alpi, che separano la Gail-Thal dai confluenti del Tagliamento. Si ebbe anzi già la fortuna di scoprire alla Pontebbana, lungo la sinistra della Pontebba, presso Mossfeld, dei fossili paleozoici: *Spirifer mosquensis*, *Orthis eximia*, *Orthoceras* sp., *Productus* sp., *Retzia* sp., *Cyathophyllum* sp., ecc.

Più recentemente il mio amico professore Taramelli consacrossi, con straordinaria attività, allo studio di quel gruppo di terreni, con tali risultati, che lasciano sperare di potere, fra non molto, novernre le Alpi carniche fra le regioni paleozoiche meglio definite. Credo di fare cosa utile alla scienza riferendo testualmente la *nota*, che egli ebbe la bontà di comunicarmi su tale argomento.

574. « Nelle Alpi carniche, dalle prime origini della Drava fino alla culmina di Camporosso, presso la sorgente del fiume Fella, i terreni inferiori al *Servino* (trias inferiore) assumono un imponente sviluppo, e presentano tale varietà e potenza, da doversi sicuramente riferire a parecchi periodi dell'epoca paleozoica. Costituiscono esclusivamente lo spartiacque tra il fiume Gail ed i confluenti del Tagliamento, e si innalzano in media sino a 2500 metri sul livello marino, occupando un'area pressochè rettangolare, limitata, verso mezzogiorno e verso tramontana, dall'affioramento delle arenarie rosse e delle puddinghe quarzose del *Servino*, e continuantesi a mattina ed a ponente coi terreni paleozoici, prevalentemente endogeni, delle Caravanche e del Tirolo. Nella Carnia, essendo i terreni più profondi del trias, arenacei, marnosi e gessiferi, epperò molto erodibili, si avvalla, parallela alla catena, una serie di combe e di culmine, che, dal passo di Sesis sino alla sella di Saifnitz (o di Camporosso) separa la regione paleozoica dalla triasica, anche orograficamente distintissima per lo sviluppo delle dolomie.

» La disposizione stratigrafica dei terreni paleozoici è tale, che, prescindendo da alcune ripetizioni di orizzonti, dovute a secondarie contorsioni, la serie succede generalmente da nord a sud; sicchè, partendo dal letto della Gail, e movendo verso la cresta dello spartiacque, quindi scendendo nel bacino idrografico del Tagliamento, si incontrano terreni sempre più recenti, tutti superiori alla formazione del *gneiss*, sviluppatissima nelle

---

[1] *Geologische Verhältnisse*, ecc. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt, 1858.

Alpi noriche, tutti inferiori ai più antichi depositi del Trias. È una pila di almeno due chilometri di roccie, ora arenacee, ora calcari, ora schistose, a cui è oramai insufficiente la determinazione di terreni carboniferi o di *Gailthaler Schiefer*.

575. « Tale determinazione, causata dalla scoperta di alcune località fossilifere, a flora ed a fauna subcarbonifere, o dall'analogia col rimanente delle Alpi, devesi certamente conservare per una porzione di questi terreni. Soltanto è da ricercarsi quali periodi sieno sicuramente rappresentati dagli strati fossiliferi, e come possano essere interpretati i terreni, che stanno sotto e sopra a questi strati. Tale lavoro però è solo iniziato, onde dobbiamo al presente limitarci a rilevare la successione cronologica dei varî terreni.

576. « Alle falde settentrionali dello spartiacque, lungo le sponde della Gail, si trovano dei micascisti splendentissimi, a venule e filoncelli di quarzo jalino, poco compatti o di colorito ora plumbeo ed ora giallo-bruno. Passano questi gradatamente a dei calcoschisti micacei, con depositi lenticolari di saccaroide candido, o venato di roseo o di grigio, assai impiegato nella Carinzia meridionale come pietra d'ornamentazione. Il maggiore di questi banchi di saccaroide si accompagna da Waldschig ad Arnoldstein sulla destra della Gail, ed altri, meno continui, si trovano più ad ovest lungo le valli di Volaja e di Valentina. Tutti poi si innestano e sfumano nella formazione schistosa, la quale si continua più sopra con schisti micaceo-quarzosi, con argilloschisti, con calcoschisti e con grovacche. Queste roccie non presentarono fino ad ora la benchè minima traccia di fossili, ed anzi accennano ad un deciso metamorfismo.

577. « I calcoschisti e le grovacche presentano molta analogia colle roccie del *Devoniano inferiore* della Stiria, e possono riferirsi a quest'epoca, qualora si ammetta, coi geologi che studiarono quella regione, che i calcari saccaroidi ed i micaschisti inferiori appartengano al *Siluriano*, lasciando ai gneiss (in genere alla zona inferiore ai micaschisti) la rappresentanza del protozoico. Quello che è certo si è, che tutte queste roccie sono indipendenti e costantemente inferiori alla zona fossilifera, la quale sul versante carinziano o sulla cresta dello spartiacque, si allinea lungo tutta la catena dal Sonnentein, a sud di M. Lukau, sino all'Oesternign a nord di Malborghetto.

« Quantunque detta zona fossilifera non presenti, nelle varie località, nè costanza di caratteri littologici, nè perfetta ripetizione di specie, si può considerare abbastanza definita stratigraficamente, essendo sempre superiore ai calcoschisti ed agli argilloschisti suaccennati, e ricoperta ovunque da una formazione calcarea, littologicamente assai analoga ai calcari

rossi del Hallstatt (trias superioro). Ma la fauna di questa formazione conserva aucora, a quanto pare, i caratteri paleozoici. Vi si raccolgono alcuni crinoidi, qnalche briozoario, scarsi brachiopodi, e due o tre specie di ortoceratiti.[1] Questa fauna però si perdo nella parto inferiore dolla formazione calcarea, cho continua in alcuni punti per altri tre o qnattrocento metri. Solo conservansi più ostinati alcuni polipi, alcuni spongiari, e qualche crinoide.

578. • Nel tratto compreso tra gli argilloschisti del *Devoniano* e qnesto *calcare rosso ad Orthoceras*, por nno spessore che, in media, non sorpassa i cento metri, si osservano dei banchi fossiliferi di varia natura e di varia origine nolle diverse località. Talora i letti di antracite, le impronte di felci, di sigillarie, di calamiti, di annularie, di sfenofilli, e gli spirorbi, accennano a depositi continentali. Altrove invece la sedimentazione marina è accusata da rari trilobiti, copiosi molluschi, coralli e foraminifere. Gli strati a vegetali abbondanò specialmente ai due estremi della serie fossilifera. Nel tratto tra l' Ohertrieb cd il Gartnerkofel essi si alternano con potenti banchi di conglomerato quarzoso a cemento micaceo, il quale accenna ad un fiume, che vi metteva foce in un mare poco profondo. Al Rapfeld, al Pezzeit e a Cerkl, qnesto conglomerato è ricoperto da arenarie micacee, straricche di *Productus*, convertiti in limonite, e quindi subentrano dei calcari micacei, zeppi di *Fusulina*, *Archeocidaris*, *Cyatophyllum*, *Zafrentes*, *Productus*, *Leptaena*, *Orthis*, *Spirigera*, *Spirifer*, *Chamarophoria*, *Mytilus*, *Conocardium*, *Bellerophon*, *Pleurothomaria*, *Turritella*, *Orthoceras*.[2] Nella valletta di Vogelbach prevalgono i calcari micacei e degli schisti argillo-micacei ricchissimi di fossili. Nella Valentina i fossili marini sono scarsi, e solo si raccolgono alcune impronte di felci. Le località migliori per fossili sono nei dintorni di Pontebba. Lo altre si trovano elevate circa a duemila metri, e talora più.

---

[1] Alcuni di qnei fossili furono determinati: *Loxomena iguotum*. *Cardium hibernicum*, *Spirifer glaber*, *Cyathophillum plicatum*, *Streptorynchus crassus*.

[2] Il professore Taramelli presentò nll'ultima adunanza del Club alpino ad Agordo (17 settembro 1871) un magnifico atlante, disegnato di propria mano, in cui vengono figurate dello piante conservatissime. o un gran numero di conchiglie, di polipi, ecc. Qnei fossili non sono ancora determinati. ritengo però indubbiamonte carbonifere lo piante (*Neuropteris*. *Cyclopteris*, *Annularia*, ecc.). Quanto agli animali, credo non sia a dubitarsi della pertinenza della maggior parte al carbonifero inferiore. Vi si nota, tra gli altri, assai abbondante la *Fusulina cylindrica*, specie del carbonifero d' Europa e del Nord-America. Gli altri generi citati sono tutti carboniferi, anzi alcuni sono eminentemente caratteristici dell' epoca. È molto probabile tuttavia, come lo pensa lo stesso signor Taramelli, che alcuni strati siano da riferisi al devoniano, e lo fanno supporre l'abbondanza degli *Euomphalus*, e un certo numero di trilobiti. Quanto al carbon fossile di Ravero in Carnia, descritto dal professore Meregnini (*Rapporto scientifico*, ecc., Padova, 1846), che si riteneva dell'epoca carbonifera, appartiene invece, come potè verificare il professore Taramelli, al trias superiore, o precisamente agli *Strati di Raibl* (Raibl-Shichten), di cui parleremo più tardi.

» La zona fossilifera è sempre, come dissi, ricoperta dai calcari, prima rossi, quindi grigiastri e talora saccaroidi. I generi sono carboniferi, ma la presenza dei trilobiti accenna a periodi più antichi di quell'epoca.

579. » La formazione calcarea non chiude però la serie dei terreni paleozoici delle Alpi carniche. Superiormente, e quindi più a sud, si estende, anche nel bacino idrografico del Tagliamento, una regione formata da schisti o da arenarie, da porfidi e da dioriti iperšteniche, da puddinghe porfiriche e da spiliti anfiboliche. Per tutto il tratto, pel quale si accompagna la cresta calcarea, cioè dal Comelico sino alla valle dell'Incarojo, queste roccie sono distinte dai terreni paleozoici del versante carinziano. Lo sono stratigraficamente, per la massa calcarea che si frappone; littologicamente, per la presenza delle accennate roccie endogene in forma di espandimenti lavici; paleontologicamente, per l'assoluta mancanza di fossili. Per l'analogia littologica colle roccie, che, nel Tirolo e nella Lombardia, furono riconosciute come equivalenti del *Rothliegendes* (zona inferiore del permiano), e per la posizione stratigrafica, immediatamente inferiore ai più antichi orizzonti triasici, viene accertata la presenza del terreno *permiano* nelle Alpi carniche. Come nel rimanente delle Alpi, resta tuttora indeciso, se gli argilloschisti micacei, sottoposti agli espandimenti di porfido quarzoso, appartengano al carbonifero anzichè al permiano. In conformità a quanto si osserva, si può dire: in tutto il sistema alpino, sulla zona di contatto di questi schisti col calcare sottoposto, affiora una serie di giacimenti metalliferi, con cinabro, fahlerz, calcopirite, siderose e galena argentifera. »

580. Su questa via ci troveremo in breve riuniti, senza mai perdere la traccia della zona paleozoica, a quelle Alpi orientali, ove la serie paleozoica, meno mascherata dal metamorfismo, fu già da lungo tempo riconosciuta dai geologi; a quelle regioni della Boemia e dell'Ungheria, ove tanto scoperte si fecero in questi ultimi anni entro i dominî dei terreni paleozoici, interessanti del pari per la scienza che per l'industria.

581. Percorsa così, a grandi tratti, la catena delle Alpi, quale è intesa dai geografi, ci resta ancora l'esame di una gran parte del sistema alpino, qual è, o dev'essere, inteso dai geologi. La classica catena che dalle Alpi giulie e dalle noriche, ad est, gira ad ovest, con cerchio non interrotto, fino alle Alpi marittime, continua, sopra il prolungamento di una semi-elisse, lungo il Tirreno. Le parti più culminanti costituiscono, su questo prolungamento, i sistemi più montuosi della Corsica, della Sardegna, delle Alpi di Toscana, dell'isola d'Elba, delle Calabrie, della Sicilia. In mezzo a questa semi-elisse, sollevata, almeno in gran parte, posteriormente al periodo eocenico, vaneggiava il mare, ove si formavano

i potenti depositi miocenici e pliocenici d'Italia, dove vomitavano da cento bocche i vulcani della Sardegna e del Lazio, e donde emersero, su larga cerchia, i colli subalpini e subapennini.

582. Cominciando dalla Corsica per la ricerca dei terreni paleozoici nelle regioni marittime d'Italia, dobbiamo ricorrere ancora alle notizie raccolte vent'anni or sono, dall'infaticabile Lorenzo Pareto.

Nei *Cenni geognostici sulla Corsica*,[1] egli descrive una specie di bacino carbonifero, che trovasi nella parte occidentale dell'isola, abbracciando, approssimativamente, il golfo di Porto e il golfo di Galeria. Le roccie, raddrizzate e contorte, in immediato rapporto con vaste espansioni di porfidi, euriti, ecc., constano, inferiormente, di filladi (schisti) micacee, alternanti con roccie silicee; e superiormente, di argillo schistose, di grès quarzosi, più o meno grossolani, in mezzo ai quali scopresi un letto di combustibile ritenuto antracite. Il Pareto trova in quei depositi il *facies* petrografico del terreno carbonifero di altre località. Fatto sta, che quel lembo occidentale di terreni sedimentari non ha nulla a che fare coi terreni più recenti, cretacei e terziari, che percorrono, sopra vasta zona, l'isola per quasi tutta la sua lunghezza ad est. Il terreno, ritenuto carbonifero, è separato dai terreni recenti mediante tutta quella massa enorme di terreni granitici, che occupa da sola circa due terzi dell'isola.

583. Alberto La-Marmora, uno dei nomi più simpatici all'Italia, uno di quegli ingegni più precoci, che tennero alto il vessillo scientifico di Italia nei tempi della sua maggiore abiezione, e fece sì, che una delle regioni più inesplorate d'Italia divenisse, in ordine alla scienza, forse più nota che oggi nol sia qualunque altra più popolosa e incivilita, distingue, nella sua opera monumentale,[2] un gruppo di terreni, nei quali si riconosce, anche in oggi, quanto di più tipico presentano i terreni paleozoici in Italia. Questo gruppo si basa immediatamente sulle roccie di pretta indole cristallina, direm meglio sul granito, che forma da solo il nucleo della Sardegna. La-Marmora lo suddivide in tre gruppi secondarî, i cui rapporti meriterebbero di venire con ulteriori studî precisati.

Sono: 1.° gli *Schisti cristallini;* 2.° il *Siluriano;* 3.° il *Carbonifero.*

Comincio dal primo, cioè dagli *Schisti cristallini.*

584. Il gruppo centrale, il più elevato della Sardegna, granitico alla sua base settentrionale, è costituito da uno schisto assai talcoso, fogliettato, cilindrato. È costantissimo nella sua forma, passando ben di rado allo

[1] *Atti della sesta riunione degli scienziati italiani*, 1845.
[2] *Voyage en Sardaigne.*

schisto micaceo, mai al gneiss. La sommità del Gennargentu, a metri 1918 sul livello del mare (la massima elevazione dell'isola) ne è formata. Sul monte Idollo, e altrove, gli schisti si associano ai calcari semi-cristallini, o saccaroidi. Secondo Fourret, citato da La-Marmora, si verifica la serie seguente, che riposa immediatamente sul granito:

1.° Schisto argilloso.

2.° Dolomie e calcari cristallini, con ardesie associate.

3.° Schisti siliceo-micacei.

Gli schisti, nel loro complesso, e le roccie lo quali loro si associano, presentano qualche cosa di molto somigliante a quel complesso di schisti verdi e grigi, ecc., che disegna nelle Alpi la zona più profonda dei terreni stratificati. In Sardegna, oltre al gruppo centrale dell'isola, si dilatano sopra larghe estensioni altrove; principalmente, a nord-est, tra il Capo Comino e il Capo Codacavallo, ed a nord-ovest nel gruppo delle isole dell' Asinara. Si trovano sempre in concorso coi graniti che li sopportano, e colle roccie siluriane che pajono ricoprirli. La-Marmora inclina ad associarli al siluriano. Sembra però improbabile che la stessa zona, entro gli angusti limiti di quella regione, muti talmente di fisonomia, o appaja affatto destituita di fossili, che si mostrano abbondanti altrove, relativamente a piccola distanza, nella zona decisamente siluriana.

L'indole più decisamente cristallina di questa zona, in confronto della siluriana, di cui ci occuperemo tantosto, mi fa sospettare trattarsi di formazione più antica del siluriano, cioè trattarsi del Cambriano, e forse anche del Laurenzinno.

585. Ad ogni modo il siluriano si mostra in Sardegna colla sua fisonomia e co' suoi fossili più caratteristici. Le roccie siluriane si presentano in diverse località dell'isola, dilatandosi sopra estese superficie, costituendo diverse masse, cioè diversi affioramenti.

586. La prima massa si incontra nella parte più meridionale dell'isola, nelle montagne che si levano a nord-ovest delle coste, ove sporgono i capi di Pula e Spartivento. Sopra il granito, riferito da La-Marmora alla varietà pegmatite, si succedono un calcare nero, associato a quarzito schistosa, con grafite; ovvero un calcare granuloso, sub-cristallino, che passa ad una roccia silicea. Il calcare o la roccia quarzosa alternano talora. In diverse località appajono degli schisti violacei, argillosi, ecc. La descritta massa si spinge verso nord-ovest, formando una vasta zona, che va a terminare in punta presso il golfo di Oristani. Verso Monte Poni e Iuglesia prevalgono gli schisti, verdi, grigi, violacei, rossi feccia-di-vino, e paro si distinguano due zone: l'una superiore, calcarea; l'altra inferiore, schistosa.

I fossili vi sono, in genere, molto scarsi: le località ove abbondano sono nei dintorni di Flumini maggiore e sul lido del mare verso C. Pecora. Il prof. Meneghini vi scorse molte specie nuove, e molto già note come siluriane. Secondo La-Marmora, il siluriano di Flumini maggiore presenta, dall'alto al basso, la serie seguente, che riposa sopra il granito:

1.° Calcari schistosi.
2.° Calcare a *Orthoceras*.
3.° Schisti argillosi.
4.° Schisto ricco di fossili (*Orthis*, *Leptæna*, ecc.)
5.° Schisti argillosi.
6.° Leptinite, con impronte di *Orthis*.
7.° Granito.

587. L'altra gran massa del terreno siluriano in Sardegna è parallela alla prima, stendendosi pur essa nella parte meridionale dell'isola, di cui occupa le montagne verso est, in concorso coi graniti, cogli schisti cristallini e con scarsi lembi di terreni più recenti. In questa massa meridionale si mostrano talora roccie simili affatto a quelle che costituiscono la massa occidentale. Il predominio assoluto è però degli schisti talcosi, dei grovacchi talcosi, degli schisti argillosi ardesiaci, che alternano con calcari. Fossiliferi sono spesso i calcari e gli schisti, specialmente gli schisti carboniosi. A quell'alternanza di strati si associano poderose masse di bardigli, ossia di calcari subsaccaroidi. Frequenti i depositi di grafite. La località di Goni è rimarchevole per i suoi bei *Graptoliti*, negli schisti neri, carboniosi.

588. Dallo studio comparativo delle due masse e dei fossili, rispettivamente da loro contenuti, La-Marmora conchiude: esservi in Sardegna due gruppi del siluriano; uno equivalente alla parte inferiore del *Siluriano superiore*, l'altro, alla parte superiore del *Siluriano inferiore*. Entrambi associati, costituiscono la massa occidentale del siluriano di Sardegna. La massa orientale invece andrebbe, in genere, riferita al *siluriano superiore, parte inferiore*.

589. Alle due masse principali va aggiunta una massa minore, che costituisce i monti a nord-ovest dell'isola, tra capo Argentera e capo del Falcone. Consta di schisti ardesiaci.

Il prof. Meneghini, nel suo magnifico lavoro sui fossili di Sardegna, che va unito all'opera di La-Marmora, sarebbe pervenuto, sui dati stratigrafici e paleontologici, a stabilire una serie di zone siluriane, che si succedono dal basso all'alto, così:

1.° Leptinite a impronte di *Orthis*.
2.° Schisto talcoso, calcifero di Flumini maggiore. — *Ptilodictya*

recta d'Orb., *Stictopora prismatica*. Mgh., *Dendropora, Fenestella? Favosites*, ecc.

3.° Schisti argillosi, giallastri, ferruginosi. — *Spirifer terebratuliformis* M. Coy, molte specie di *Orthis* (*testudinaria* Sharp., *miniensis* Sharp., *patera* Salt.), *Orthisina inflexa* Davds., *Leptaena convexa* Vern., *Ptilodictya lanceolata* Londs., *P. costellata* M. Coy, *Scyphocrinus*, *Favosites*, ecc.

4.° Roccie metamorfiche, di incerto orizzonte, con crinoidi.

5.° Schisti di Goni a graptoliti. — *Graptolithus colonus?* Barr. *G. Priodon* Brn., e molte specie nuove.

6.° Grovacco schistoso, con crinoidi.

7.° Calcare a ortoceratiti. — Diverse specie di *Orthoceras*.

8.° Calcare a ortoceratiti di Flumini maggiore. — *Orthoceras simplex* Desor., *O. bohemicum* Barr., *O subtrochleatum?* Münst., *subanulare?* Münst., *Cardium subarmatum* Münst., *Cardiola interrupta* Sovv., *Graptolithus Priodon* Brn.

590. Il terreno carbonifero in Sardegna si mostra sopra una angusta zona di forse 10 miglia, non molto internata dalla costa orientale dell'isola, tra capo Palmeri e capo di Bellavista. Vi è rappresentato da una serie di schisti argillosi, grigio-neri, con roccie quarzose, superiormente; da puddinghe quarzose, a cemento argillo-schistoso, inferiormente. L'antracite si alterna colle roccie della parte superiore. Il tutto riposa, a stratificazione discordante, sulle roccie siluriane. Un pozzo nel luogo detto Is Alinus, la rivelò a sei livelli differenti. Ma trattasi di straterelli di nessuna importanza. A San Sebastiano de' Secci però un banco di antracite raggiunge talvolta lo spessore di metri 3, 50, e potrebbe usufruttarsi per bene dall'industria. Ai letti antracitiferi sono associati gli schisti, ricchi di impronte di vegetali, che rivelarono, con tutta certezza, la *flora del periodo carbonifero*, rappresentata da un gran numero di specie, indentificate dal prof. Meneghini. *Sigillaria*, più specie, *Cordaites borassifolius* Ung., *Odontopteris Brardi* Brgn., *Cyaitheites dentatus* Goepp., *C. aequalis* Goepp., *C. arborescens* Goepp., ecc., *Alethopteris Plukneti* Gein., *Pecopteris gigantea?* Brogn., *Calamites cannaeformis* Schl., *Asteropphyllites equisetiformis* Brgn., *Annularia longifolia* Brgn., ecc.

591. La traccia, che ci siamo prefissa, ci porta ora in Toscana. Dietro gli studi dei professori Savi e Meneghini, tanto benemeriti della geologia toscana, è noto da lungo tempo ai geologi un gruppo di terreni polimorfi, che, dal nome del Monte Verruca, presso Pisa, ove è ben sviluppato, intitolossi Verrucano. In base ai dati stratigrafici e petrografici il gruppo del Verrucano si era distinto nei Monti Pisani, nelle Alpi

apuane, nel Volterrano, nel golfo della Spezia, nell'isola d'Elba, ecc. È dunque una formazione che, esclusa dall'Apennino propriamente detto, caratterizzava quella, che io direi, geologicamente parlando, porzione alpina dell'Italia centrale. Il gruppo del Verrucano è tutt'altro che semplice; e come ha talora una potenza di circa 900 metri, così può suddividersi in parecchie zone distinte, le quali, in seguito a studî stratigrafici più accurati, troveranno i rispettivi equivalenti nella serie alpina, e nella serie generale dei terreni. In quel gruppo si distinguono: superiormente, delle calcaree, riferibili alla serie triasica; più sotto vengono delle puddinghe quarzose (dette dai geologi toscani anageniti), e delle arenarie; inferiormente dominano gli schisti talcosi, steatitici, le filladi, ecc. È in questi schisti, quindi alla base del gruppo del Verrucano, che una bella serie di fossili, animali e vegetali, illustrati dal prof. Meneghini, rivelò non dubbio il *terreno carbonifero*. Escher fu il primo, io penso, che abbia colpito e messo in luce i rapporti di quei terreni dell'Italia centrale coi terreni delle Alpi. Rimarcò specialmente la somiglianza littologica, e l'approssimativa uguaglianza di livello geologico, tra le puddinghe del Verrucano e quella zona immensa di puddinghe rosse e di schisti, che si svolge lungo tutta la catena delle Alpi di Savoja, Svizzera, Lombardia, ecc., a cui applicò il nome di *Verrucano*. Ampliando poi il valore paleontologico, che veramente appartenevа esclusivamente agli schisti, inferiori alle puddinghe, e applicandolo alle puddinghe stesse, ritenne dell'epoca carbonifera e le puddinghe toscane e le puddinghe rosse, con schisti e grès varicolori, delle Alpi e delle Prealpi. Quella formazione alpina e prealpina fu dimostrata più tardi non essere che l'equivalente delle *arenarie variegate* (*Buntersandstein*) del trias, ed esserlo assai probabilmente, almeno in parte, le *anageniti del Verrucano* di Toscana. I geologi svizzeri continuano tuttavia nell'impiego del nome *Verrucano*, con danno evidente di quella precisione di linguaggio stratigrafico, che è tanto necessaria, per non trascinare i lettori a false deduzioni. I caratteri paleozoici si rivelano unicamente nella parte inferiore del *gruppo del Verrucano*, e questo nome non ha più ormai che il valore di un'antica convenzione, come era in mente degli stessi autori che lo introdussero.[1]

592. Anzi, afferrando alcune particolarità, esposte negli scritti più recenti del prof. Paolo Savi, direi: che nelle Alpi apuane sia riprodotta, in un modo mirabile, la zona paleozoica delle vere Alpi. Sono schisti talcosi, con noduli di quarzo; steaschisti, con straterelli di grafite; schisti grigio-

[1] Savi e Meneghini. *Considerazioni sulla geologia toscana*, pag. 283.

verdastri, bianco-sudici, a venature sinuose, formati di quarzo jalino, feldspato bianco e quarzo, quindi prossimi al gneiss, ma intimamente uniti agli schisti talcosi. In fine è evidente che in Toscana (diremo anche alla Spezia) la serie paleozoica presenta i caratteri incerti, oscillanti, o l'indole petrografica de' terreni cristallini stratificati, da cui, anche colà, riesce difficile, forse impossibile, separarli.

A questa zona di schisti, ove prevale, come nelle Alpi, l'indole talcosa, si associa la zona, non so quanto bene distinta, degli schisti argillosi, con antracite o piante carbonifere, delle anageniti e puddinghe quarzose, costituente, per Savi, la parte superiore dei terreni paleozoici. Questa zona corrisponderebbe quindi perfettamente agli schisti neri antraciferi della Savoja, agli schisti neri ardesiaci, con grès, puddinghe quarzose, verdi, rosse, della Lombardia orientale. Notisi bene, che da tale complesso rimarrebbero escluse le puddinghe e le altre roccie da ascriversi allo arenarie variegate.

593. Ciò almeno si deduce dagli studî geologici sulla Spezia del professore Cappellini. Sotto le breccie, le quarziti, le arenarie rosse, le puddinghe quarzose, ascritte all'*arenaria variegata*, il Cappellini trova ancora la copiosa serie seguente:

1.° Schisto arenaceo, violaceo, scuro.

2.° Schisto compatto cloritico.

3.° Puddinga di ciottoli calcarei, carnicini o ceroidi, e di ciottoli di quarzo, a cemento schistoso, talcoso.

4.° Calcare bigio-chiaro, che passa al saccaroide.

5.° Schisto grigio-verdastro, inferiormente a noduli quarzosi.

Quest'ultima zona è già ascritta dal Cappellini al *Siluriano*. I numeri 1 a 3 sono riferiti, dubitativamente, al *Permiano*.

594. Concludiamo, che anche in Toscana esiste, come nelle Alpi, un gruppo potente, il quale, nella sua varietà, porta l'impronta dei terreni paleozoici, e che come tale è da considerarsi, sia per i dati stratigrafici sufficienti, sia per molte analogie coi terreni paleozoici dell'Europa, principalmente delle Alpi e della Sardegna, che ci autorizzano a discendere per lo meno fino al *Siluriano* inclusive. La linea paleontologica però non ci è dato finora di fissare in Toscana altro orizzonte sicuro, che quello del periodo carbonifero.

595. La località più interessante, forse l'unica, ove siansi presentati finora i fossili carboniferi, è quella del Monte di Terri, presso Jano. Sotto diversi terreni, d'epoche più recenti, seguono, in serie discendente:

1.° Le puddinghe (anageniti) del Verrucano (arenarie variegate e grès carboniferi?).

2.° Gli schisti antracitiferi e cinabriferi, con conchiglie e pinnute carbonifere.

3.° L'Eufotide (roccia eruttiva).

Gli schisti antracitiferi sono schisti silicei, talcosi, argillosi, grigio-neri. Tali schisti appajono anche altrove, e sono precisamente antracitiferi nell'isola d'Elba, grafitici nelle Alpi Apuane.

Le gallerie aperte a Monte di Torri, per la ricerca del cinabro, come condussero alla scoperta di molti fossili, così ebbero per risultato la ricognizione stratigrafica più esatta di quell'importantissimo giacimento. Gli schisti siliceo-talcosi, alternanti con straterelli di antracite, formano quasi due zone: la superiore, di schisti più grossolani, simili a psammite, dunque d'indole arenacea, contenenti conchiglie, crinoidi, coralli; l'inferiore, di schisti fini, simili a schisti argillosi, contenenti impronte di vegetali.

Tra i fossili della prima zona Meneghini distinse le seguenti specie, che figurano tra i fossili del periodo carbonifero:

Pholadomia regularis d'Orb.
» plicata d'Orb.
Cardium tellinaria Koninck.
Cardiomorpha pristina d'Orb.
Leptaena arachnoidea d'Orb.
Cyathocrinus quinquangularis Mill.
Ceriopora irregularis d'Orb.

Negli schisti inferiori, una vera flora carbonifera, di cui le seguenti specie determinate:

Nevropteris rotundifolia Brong.
» orbicularis Brong.
Odontoperis Schlotheimii Brong.
Pecopteris acuta Brong.
Pecopteris cyathea Brong.
» Bucklandi Brong.
Annularia longifolia Stern.

596. Venendo alle Calabrie, dobbiamo dire pur troppo di trovarci in una delle più sconosciute contrade d'Europa. Un gruppo granitico però, di cui almeno si conosce l'esistenza da lungo tempo, ci avvisa, come l'estremità meridionale d'Italia sia compresa dalla gran curva del sistema alpino. Tanto ci basta per presupporvi l'esistenza di un gruppo paleozoico. Non parlerei però nemmeno delle Calabrie, in questo solo supposto, se, per buona ventura, non mi fosse venuto a mani un documento preziosissimo, che, in tanta povertà di dati, ci può fornire qualche lume. Vo debitore all'ottimo amico mio prof. Guiscardi della gentile communicazione di un manoscritto dell'illustre Pilla, tanto benemerito della geologia italiana. Il manoscritto s'intitola: *Catalogo ragionato di una collezione di roccie delle Calabrie, disposto secondo l'ordine della loro posizione relativa.* Non è dunque semplicemente un catalogo, ma un documento

stratigrafico, da cui si possono desumere i grandi tratti della geologia calabrese. La collezione delle roccie, indicate nel catalogo, trovasi presso il Museo universitario di Napoli.

597. Il gneiss, scrive il Pilla, è la roccia fondamentale delle Calabrie, e dessa sopporta tutte quante le altre, non escluso il granito, come asserisce lo stesso Pilla, il quale *è evidentemente una roccia di formazione posteriore allo gneiss, sovrapposto ed addossato sui fianchi.*[1] Sappiamo intanto come, anche nelle Calabrie, appajono le roccie cristalline più sviluppate delle Alpi; graniti diversi, dioriti, porfidi, steatiti; e come le roccie fondamentali siano, come nelle Alpi, i graniti e i gneiss, colle loro infinite varietà. Intanto il gneiss ci presenta già il fatto importantissimo della presenza della grafite in più d'un luogo. Anzi nel gneiss, prossimo all'afanite, è aperta una miniera di grafite a Olivadi (Calabria Ultra). Tra le roccie subordinate al gneiss si notano, come d'ordinario, i micaschisti, gli schisti cloritici, diverse roccie amfiboliche e, quello che più conta, dei calcari granulosi, schistosi, azzurri, saccaroidi bianchi; un complesso in fine, di cui nulla v'ha di meglio, per riprodurre, alla estremità meridionale d'Italia, la parte più profonda del sistema alpino, in cui così bene si specchiano l'azoico e il protozoico d'America e, ritengo, di tutto il globo.

598. Alla formazione, ove predomina il gneiss, si addossa una formazione, ove prevalgono gli schisti. Sono, come è da aspettarsi, micaschisti, schisti talcosi, perlacei, verdicci, quarziti schistose, schisti amfibolici, a cui si associano le filladi, ossia gli schisti ardesiaci, micaceo-argentini, carburati, ecc., infine una zona che richiama appuntino quella che nelle Alpi, p. es. in Valtellina, giace sulla zona delle roccie più cristalline, dalle quali si può distinguere, più per un certo tatto geologico, che per definite caratteristiche. Nè mancano i calcari granulosi (o saccaroidi), ora associati alle filladi, ora sovrapposti ai gneiss; nè gli schisti calcari, o calcareo-argillosi, indicati da Pilla come *roccie di transizione*, seguendo la nomenclatura di Werner, il quale indicava col nome di *terreni di transizione*, in genere, quelli stessi che furono in seguito distribuiti tra il *Cambriano* e il *Siluriano*. Ed ecco infatti come il Pilla indica una

[1] Ciò sembra verificarsi in genere nelle Alpi. I graniti sono ben lontani dal formare la base dei terreni. Nelle Alpi tirolesi, p. es., i graniti di Brixen e di Cima d'Asta, secondo gli studî di Suess, riposano sui gneiss e sui micaschisti, in tali rapporti coi terreni superiori, che si debbano ritenere come rappresentanti del carbonifero inferiore. La stessa rappresentanza, ad un dipresso, avrebbero i graniti delle Alpi e delle Prealpi di Lombardia, secondo le osservazioni di Negri e Spreafico.

formazione carbonifera, che in parte si adagia sul granito, in parte si addossa ai *calcari di transizione*. La *formazione carbonifera* consta di grès friabili con avanzi di *Calamites*, di grès compatti, ricchi di conchiglie d'acqua dolce (*Unio*), di piroschisti, di calcari bituminiferi.

599. La Sicilia è creazione d'epoca sì recente, che non dovremmo aspettarci di trovarvi alcun lembo degli antichissimi terreni paleosoici. Per ben due terzi sorse dal mare, come vedemmo, in epoca recentissima, immenso lavoro delle sue conchiglie o de' suoi vulcani. Pare che l'uomo abbia assistito all'ultima fase del sollevamento dell'isola, come assiste tuttora alle eruzioni dell'Etna, che ne vanno dilatando i confini. Eppure all'antichissimo sistema alpino appartiene una parte anche della Sicilia. Per isventura lamentiamo anche qui un'estrema deficienza di notizie. La *carta geologica della Sicilia*, pubblicata da Hoffmann, è, per riguardo allo scopo nostro, affatto insufficiente. D'Orbigny cita, sulla fede di La-Marmora, un lembo di terreno carbonifero in Sicilia. In difetto di altri documenti tengo preziosissima una nota manoscritta del professore Gaetano Gemmellaro, che accompagna una copia della *carta* di Hoffmann, gentilmente communicatami dall'Ispettore generale delle miniere ingegnere Giordano.

600. L'ultimo sprone della Sicilia a nord-est, precisamente la parte che forma lo stretto di Messina, si stacca interamente, nel senso geologico, dal resto dell'isola. Qui soltanto noi rivediamo le antiche forme caratteristiche delle Alpi. Hoffmann ci indicava già un calcare (calcare di Taormina) e dei conglomerati (conglomerato di Francavilla), più antichi dei calcari e delle arenarie, che si dilatano nel resto dell'isola; più una zona di schisti quarziferi o di micaschisti, simile a quella che si incontra universalmente nelle Alpi e negli antichi rilievi di tutti i continenti. Stando alla *nota manoscritta* del Gemmellaro, il calcare di Taormina sarebbe un vero infralias, che si presenta nei dintorni di Alì, di Roccalumera del capo Sant'Alessio, ecc. Inferiormente ad esso calcare, nelle stesse località, lungo la costa, si mostrano delle puddinghe, le quali sono dal Gemmellaro indicate col nome del Verrucano, e ascritte al *terreno carbonifero*. Posto anche che non dovessero ascriversi al carbonifero, e dovessero invece considerarsi come una continuazione della gran zona di grès o di conglomerati, ascritte al Verrucano in Toscana e nelle Alpi, ma formanti la base del trias, cioè equivalenti del *grès variegato* (Buntersandstein), saremmo certi almeno che le formazioni, inferiori a quelle puddinghe, appartengono ai terreni paleozoici.

Infatti il professore Gemmellaro indica, inferiormente alle citate puddinghe:

1.° un *calcare carbonifero* nelle stesse nominate località;

2.° un'*arenaria carbonifera*, lungo la marina di fiume di Nisi;

3.° un *conglomerato* o *grovacco* con molti ciottoli granitici al capo Sant'Alessio;

4.° una zona di *schisti quarziferi verdi*, sviluppatissima presso Alì;

5.° una zona di *schisti micacei*, a Brolo Sant'Angelo, presso Galati, ecc.;

6.° *Gneiss* sviluppati nella provincia di Messina. Nei micaschisti si insinuano sovente i graniti.

601. Questa serie di antichissimi terreni si sviluppa sulla linea di 20 miglia almeno. Credo dunque ce ne sia d'avanzo per congiungere al sistema alpino quella regione più settentrionale della Sicilia, e per ritenervi rappresentata tutta la serie dei terreni paleozoici. Vo debitore ad un altro benemerito della geologia e della paleontologia siciliana, all' indefesso professore Seguenza, di una bella raccolta di roccie dei dintorni di Messina. Fu invero con meraviglia, pari alla compiacenza, che io ci vidi tradotta così meravigliosamente la fisonomia delle Alpi in quella serie multiforme di graniti, di gneiss, di schisti cristallini, caratteristici delle più antiche regioni del globo. Se, ad onta di quel veto che distolse i geologi dall'occuparsi seriamente della ricerca dei terreni paleozoici in Italia, abbiamo già potuto accogliere tanti elementi per iniziarlo, che sarà, quando l'Italia, per lo studio associato e perseverante dei cultori della geologia, cessi di essere la terra dei misteri, la terra delle eccezioni, e si ponga al suo posto, per narrare, all'unissono colle altre regioni meglio studiate e perciò meglio comprese, la storia del globo?

602. Da una lettera dello stesso professore Seguenza, in data 21 novembre 1866, cavo i seguenti particolari interessantissimi. Superiormente al gruppo delle roccie cristalline, che consta di graniti, pegmatiti, gneiss, roccie amfiboliche, ecc., trovasi una formazione riferibile in tutto e per tutto ai terreni paleozoici.

« Nelle colline presso Novara e Montalbano, egli scrive, sono degli schisti ardesiaci, della *Grauvake*, in cui sinora non si sono osservati fossili.

« Presso Limina ricordo esservi un terreno di grès, in cui trovasi del litantrace (?), e nel quale il professore Carlo Gemmellaro non iscopriva veruu fossile.

« Nel terreno medesimo fu ritrovato dal professore G. Giorgio Gemmellaro un pesce proprio dell'epoca carbonifera. Quindi, pel rinvenimento di tali fossili si è ritenuto che quella formazione fosse veramente un lembo, quantunque assai ristretto, dell'epoca carbonifera.

» Gli schisti ed i grès variegati del capo di Alì e di Sant'Alessio, privi assolutamente d'ogni traccia di residuo organico, come i calcari che lo accompagnano, formano un tutto che potrebbe riferirsi alle ultime formazioni della grande epoca di transizione, ovvero ai primi membri del secondario, quindi al permiano o piuttosto al triasico.

» Il pesce trovato nel carbonifero dal professore G. Giorgio Gemmellaro è l'*Amblypterus macropterus* Agassiz. Da questa sola specie sembra chiaro, che il terreno a carbone di Limina sia dell'epoca carbonifera.

» Negli *Elementi di geologia* del professore Carlo Gemmellaro si accenna un terreno di grès rosso a Villafiorita, sul quale è un banco di carbone. Tale roccia è fiancheggiata da *Grauwake* e da schisto carbonioso. In tali terreni si sono trovati *Nevropteris* e *Calamites* ».

603. Riassumendo: il *sistema alpino* nelle Alpi e nelle sue diramazioni in Italia è, come tutti i grandi rilievi del globo, costituito principalmente dallo sviluppo dei più antichi terreni paleozoici e cristallini. Se non tutti i terreni paleozoici vi si distinsero, e se i distinti nol furono in tutte le regioni, ciò si deve in parte attribuire al metamorfismo, forse più avanzato nelle Alpi che altrove: in parte però anche lo si attribuisca al difetto di studî; alle dispute, che ne ritardarono il progresso; allo stato di isolamento, in cui furono tenuti i geologi italiani per la tristizia delle condizioni politiche. Attribuiamone anche una parte all'influenza di nomi stranieri che, dopo avere inaugurato un'èra di progresso, finirono coll'esercitare un potere retrivo.

604. Nelle Alpi, come dovunque, si verifica quella che direbbesi fusione dei terreni di pretta indole sedimentare coi terreni decisamente cristallini. Il distinguere ciò che, di sua natura, si confonde, sarà ancora argomento di lunga fatica al geologo; nè la soluzione degli ardui problemi, che si annettono a formazioni così antiche, sarà possibile, finchè i geologi non si accordino sul valore degli epiteti di eruttive, sedimentari, cristalline, metamorfiche, ecc., che si affiggono alle roccie. Tali epiteti hanno un valore più o meno convenzionale, accennando alla diversa origine delle roccie; la quale, se talora si rende evidente per la specialità di certi caratteri che distinguono, p. es., una arenaria da una lava, spesso anche si nasconde sotto la indecisione o la communanza dei caratteri stessi, accennando forse, colla fusione dei caratteri, alla associazione originaria degli agenti, da cui le roccie trassero origine. Intanto però lo smisurato complesso di quelle formazioni che soggiacciono al trias, rappresenta una zona paleozoica, costituente, in concorso alle grandi masse granitiche, dioritiche, serpentinose, il massimo rilievo delle Alpi.

605. Questo vero trova già una sufficiente espressione nella carta geolo-

gica della Germania, pubblicata da Enrico Bach,[1] dove quella, che si può chiamare veramente la cerchia delle Alpi, porta unicamente i colori dei terreni inferiori all'*Arenaria variegata* (Bunter-Sandstein). Prescindendo dalla gran zona degli schisti cristallini, che portano i colori del micaschisto e del gneiss, si può dire che il resto della cerchia alpina figuri sotto un solo colore, con due gradazioni, *U* e *U*¹. È il colore destinato a rappresentare gli schisti argillosi dell'Harz, dell'Erzgebirge, delle Ardenne, del Taunus, della Boemia, delle Alpi orientali; a rappresentare in genere le formazioni riferite al Siluriano e al Cambriano. Non occorre il dire, come, sotto lo stesso colore, cade l'unico gruppo, finora ben definito nelle Alpi, il *Terreno carbonifero*.

Certamente correrà ancora lunga stagione prima che questa immensa zona di calcari, di gessi, di schisti, di grès, di conglomerati, le cui infinite varietà non trovano espressione nel linguaggio littologico, sia interamente perlustrata e intesa. Trattasi del sommo rilievo d'Europa: trattasi di una delle più colossali catene del globo! Quante rivoluzioni si avvicendarono sul nostro pianeta, dal primo giorno in cui il primo atomo di sedimento si depose in seno all'oceano primitivo! Tutte vi lasciarono un'orma.

La massa immensa degli strati, ripiegata, contorta, rovesciata, spezzata a brani, dispersa, non era al certo un facile tema per la geologia nella sua infanzia. Aggiungi le informi masse cristalline, protogini, graniti, dioriti, sieniti, porfidi, serpentini di mille forme, che emergono ad ogni tratto e rompono in mano allo stratigrafo l'unico filo che gli serve di guida nello strano labirinto. I facili sistemi, fabbricati sui terreni appena ondulati del Giura e dei bacini di Parigi e di Londra, non si prestavano facilmente a definire le mosse grandiose e, diciamolo, l'agitarsi tempestoso delle Alpi. Ma tutto si appiana. L'industria può aver fede nei maggiori risultati della scienza; ma non trascuri, per quanto piccoli, i vantaggi che già la scienza le addita.

---

[1] *Geognostichen Uebersichtcarte von Deutschland*, ecc. Gotha, 1856.

CAPITOLO XVIII.

QUADRO RIASSUNTIVO DELL' ÈRA PALEOZOICA.

606. Prima di spingerci più oltre sull' immensa via, facciamo sosta un istante, e rivolgiamo uno sguardo indietro sul cammino percorso. Pensando quanto il mondo, che lasciamo, disti dal mondo attuale, e per la sua fisica costituzione, e per gli esseri organici di cui lo vediamo popolato, il lettore può credere di trovarsi ancora ai primordi della storia del globo. Non è così: piuttosto che al principio, noi ci troviamo verso la fine del nostro cammino. L'epoca paleozoica è così immensa, in ordine al tempo, che tutte le epoche susseguenti non ne rappresenterebbero che una frazione. È, credo, un concetto di Dana questo, che il geologo, girando lo sguardo sul complesso delle epoche geologiche rappresentategli dal complesso dei terreni sovrapposti, comincerà infallibilmente a distinguervi due grandi complessi: un antico e un nuovo mondo.

L'antico, il cui ciclo è già chiuso, è rappresentato dai terreni paleozoici; il nuovo, che sta ancora compiendo la sua evoluzione, dà tutto il complesso dei terreni triasici, giuresi, cretacei, terziari, posterziari. Questo lo s'intende, tanto per rapporto alla durata, che si misura dallo spessore delle formazioni, quanto per rapporto all'animalizzazione, che rivive nei fossili.

607. Lo spessore de' sedimenti paleozoici è veramente meraviglioso. Piglio i *massimi* presentati da Dana pei terreni paleozoici del Nord-America, perchè risultano, in complesso, da misure accurate. Vi aggiungo anche la cifra enorme del periodo *protozoico* equivalente dei *terreni azoici* (Huroniano e Laurenziano) dei geologi americani, intendendo di abbracciare in questo *quadro riassuntivo* anche l'èra protozoica, per quanto almeno la scarsità delle nostre cognizioni circa quest'èra, che si può dire negativa, ci consenta di considerarla come formante, coll'èra paleozoica, un solo complesso, un mondo antico, nel senso che abbiam detto. Nel Siluriano d'America si comprende poi anche il Cambriano.

Permiano	Piedi	800
Carbonifero	"	15000
Devoniano	"	14000
Siluriano e Cambriano . .	"	22000
Protozoico.	"	32000
	Piedi	83800

608. Si rifletta che cosa rappresenti uno spessoro così ingente (quasi 26000 metri!) I sedimenti protozoici o paleozoici, semplicemente sovrapposti, formerebbero una pila, che supera di cinque volte l'altezza del Monte Bianco, avente per base, non dipartendoci dal Nord-America, quasi l'intero continente. E tutto è lento lavoro, o d'erosione operata da fiumi o da onde di mare, o di sedime lasciato da sorgenti minerali, o di secrezione elaborata da' più infimi tra gli animali.

609. Infatti le roccie protozoiche e paleozoiche, come in genere le roccie sedimentari, sono, per la parte maggiore, roccie aggregate [1] (grès, conglomerati, schisti argillosi, marnosi, ecc.) e, per la parte minore, roccie calcaree, d'origine organica (tritume di conchiglie, polipai, testacei in genere). Dallo studio sulla deltazione, [2] sulla sedimentazione marina, [3] sulla ricomposizione per via chimica, [4] sullo sviluppo dei banchi di corallo, [5] ecc., abbiamo potuto farci un'idea della lentezza, con che si accrescono di spessoro i sedimenti in genere. Le roccie aggregate, quelle principalmente che dipendono immediatamente dall'afflusso di grandi fiumi, si sviluppano, per rispetto alle calcaree, rapidamente. Ma per quanto il Mississipi, il Nilo, il Gange, lavorino indefessi a dilatare i loro delta, che cosa rappresentano essi delta, dopo tante migliaja di anni, in faccia ai rispettivi continenti, da cui traggono la stoffa? Ora tanto le roccie aggregate o frammentizie, come le roccie calcaree, presentano, principalmente nell'epoca paleozoica, uno sviluppo enorme.

610. Dana ci offre un quadro comparativo dello spessoro delle roccie detritiche o calcaree, appartenenti ai periodi *carbonifero, devoniano*, e *siluriano* negli Appalachian. Le roccie aggregate o detritiche presentano uno spessore di 52460 piedi; le calcaree, di 13225.

---

[1] Vedremo a suo tempo come le roccie cristalloidi (micaschisti, talcoschisti, schisti amfibolici, calcari saccaroidi, ecc.), così sviluppate nei terreni protozoici e paleozoici, siano roccie sedimentari, precisamente come i grès, gli schisti, i calcari, da cui non differiscono che per un metamorfismo più avanzato.

[2] *Dinamica terrestre*, Parte prima.

[3] *Ib.*, Parte seconda.

[4] *Ib.*, Parte prima.

[5] *Ib.*, Parte prima.

Raccogliendo il maggior numero possibile di dati, sullo sviluppo dei delta, dei travertini, dei banchi di corallo, si potrebbe al certo rappresentare con una cifra approssimativa la durata dell'epoca paleozoica. Prescindendo però anche dai calcoli, ciascuno converrà meco in ciò, che l'epoca paleozoica ci trasporta a tale lontananza dalla attuale, che l'immaginazione e la mente ne rimangono sbalordite. Eppure alla pila degli strati paleozoici ci resta ancora da aggiungere i 32000 piedi di roccie protozoiche. L'idea del tempo grandeggia davanti alla pila degli strati guardati dal geologo; come l'idea dello spazio grandeggia davanti al mondo degli astri guardati dall'astronomo.

Ritorno perciò alla conseguenza, che non c'è proporzione tra le epoche geologiche, quali dai geologi vennero stabilite, e che ogni periodo delle epoche paleozoiche dovrebbe rappresentare un'epoca a sè con pari, e talora maggiori attributi, di ciascuna fra le epoche finora studiate o da studiarsi.

611. Dalla estensione dei terreni protozoici o paleozoici nelle regioni più conosciute del globo, si può desumere quella di cui godono nei continenti tutti. Il Nord-America si può dire, quasi letteralmente, un continente protozoico e paleozoico. I terreni antichissimi lo invadono tutto, anche le regioni più settentrionali, e si spingono nelle regioni artiche, fin dove giunse l'arditezza degli esploratori. D'una estensione presso a poco uguale godono i terreni paleozoici nell'America meridionale, dilatandosi così dal 53° di latitudine sud all'80° di latitudine nord. In Europa si spiegano sopra vaste superficie, in Inghilterra, Spagna, Francia, Italia, e regioni delle Alpi, Germania, Russia. Immensi lembi se ne scopersero nelle regioni più sconosciute, come in Africa, al Capo di Buona Speranza; in Asia, nella China e nell'Asia Minore; in Australia, nel Van Diemen, nella Nuova Olanda, nella Nuova Zelanda. Ben disse d'Orbigny, che i terreni paleozoici si trovano stesi sul mondo tutto. Quanto abbiam detto dei paleozoici si estende ai protozoici, che ne formano invariabilmente la base.

612. Della littologia protozoica e paleozoica ho già detto abbastanza. Prescindendo dalle forme cristalline, di cui risulta, può dirsi, per intero il gruppo inferiore già ritenuto azoico, e sono talora molto sviluppate anche nel gruppo superiore o protozoico; le roccie più antiche non differiscono per nulla, nel loro complesso, delle roccie di tutte le età più recenti. Ciò vuol dire che, fin dai primordî di quell'epoca antichissima, la natura non aveva altro modo d'agire da quello, che la vediamo adottare al presente. La storia del globo, storia di miriadi di secoli, rimane in questa guisa molto più semplificata della storia dell'uomo, storia di pochi giorni. Ghiaje, sabbie, fanghiglie, erano ciò che si andava accu-

mulando sul fondo dei mari paleozoici, come ciò che si accumula nei mari attuali. Aggiungi le roccie calcaree, che pare avessero origine colla vita, alla cui formazione, ad ogni modo, lavorarono i coralli di quelle epoche antichissime, come lavorano attualmente i coralli della zona torrida; i coralli, principali operai dei continenti passati, presenti e futuri. Osserviamo soltanto come in alcune località, e sopratutto mano mano che si discende, le roccie paleozoiche assumano quell'aspetto cristallino o subcristallino, che diviene poi predominante e quasi esclusivo nelle roccie protozoiche: fenomeno questo che esige una spiegazione, la quale non troverebbesi certo nelle leggi ordinarie della sedimentazione. Questa spiegazione abbiam detto di volerla dare più tardi.

613. Il globo era popolato allora, come lo è al presente. Non considerando, come quasi estranei alle questioni che riguardano l'animalizzazione del globo, i terreni protozoici, la vita si direbbe cominciasse con un parossismo, che non ebbe più nè sosta nè misura fino al presente, in cui troviamo popolato ogni atomo. Ma quale differenza tra gli antichi e gli attuali abitatori del globo! Qui, però, confesso che la differenza tra i terreni paleozoici e i più recenti, quanto all'animalizzazione, sta piuttosto nella parte negativa, poco atta a colpire l'immaginazione, che nella parte positiva, da cui l'immaginazione è vinta assai facilmente. La ragione però, librando con equa bilancia quanto vi ha di negativo e positivo, si troverà in faccia ai più ardui problemi, che possano venirle sottoposti in questo ordine di fatti.

Nulla indica che il mondo o piuttosto i mondi paleozoici fossero contemplati da un animale razionale che tenesse luogo dell'uomo. Ma questo è poca cosa. Quanto va decimata, se mi si permette questa metafora, la piramide dell' animalizzazione, al cui vertice è l'uomo, per ridurla al livello dei primitivi viventi! Gli abitatori dei mondi paleozoici si riducono tutti a quei tipi, che noi vediamo ora assisi sui più bassi gradini della scala del perfezionamento organico.

614. Le due classi più sublimi mancano affatto. Non un dente di mammifero in quei depositi immensi, che pure han faccia di estuarî, o in quei fanghi palustri, su cui crebbero, all'alba della vita, le vergini foreste. Non un'orma di uccello su quegli strati littorali, ove pur s' impressero le orme dei crostacei, e che si assomigliano affatto a quelli che vedremo più tardi istoriati appunto dalle orme di quegli alati. Quanto ai rettili, essi ci appajono: ma quanto tardi! quanto scarsi di numero! quanto umili di forme, di dimensioni! Il solo *Telerpeton Elginense*, più piccolo d'una lucertola, ci appare sull' imbrunire dell' epoca devoniana. Ma in tutte quelle tre epoche immense, rappresentate da ben 68000 piedi di sedimenti devo-

niani, siluriani e protozoici, nessun indizio di quella classe formidabile che dominerà il globo nell'epoca giurese, e che, tanto numerosa di specie, costituirà ancora la parte più bizzarra e immaginosa del mondo attuale. Le indagini future potranno forse assegnare una data più antica alla comparsa degli uccelli e de' rettili; nè agli argomenti negativi va accordato un valore assoluto; ma essi l'hanno certamente grandissimo, trattandosi dei paleozoici, i quali, vuoi per l'abbondanza dei minerali utili che contengono, vuoi principalmente perchè nelle loro viscere, quasi esclusivamente, si nasconde il maggiore fra i tesori industriali, il carbon fossile, vennero per ogni verso e in tutte le regioni del globo avidamente rifrugati.

615. Ecco dunque la faccia del globo deserta delle tre più nobili classi di animali; ed ecco quasi distrutto il gran sottoregno de' vertebrati! Quasi distrutto, perchè rimangono ancora numerosi i pesci, discendendo attraverso il *Permiano*, il *Carbonifero* e il *Devoniano;* ma anche questi si smarriscono entro i limiti del *Siluriano superiore*. Ci sprofondiamo così fino all'imo in un mondo, in cui la sommità della scala dell'organizzazione è tenuta dagli *articolati* (quasi unicamente crostacei) che signoreggiano i mari per un corso immenso di secolari stagioni; ma anch'essi si assottigliano, e con loro le classi più infime degli animali, finchè ci troviamo entro i deserti già ritenuti azoici, che soltanto i residui carboniosi di piante d'ignoto nome, e i calcari, fabbricati da ignoti secretori, tolgono dagli squallori dell'epoca azoica, entro la quale sono ancora confinati dalla maggior parte dei geologi.

616. Vede il lettore che noi non cercammo gli argomenti negativi, i quali distinguono i terreni paleozoici dai più recenti, nella trasformazione o nella intera scomparsa delle specie. Il rimutarsi dei generi e delle specie di epoca in epoca, distingue, dall'epoca attuale, i terreni terziari, quasi del pari che i paleozoici. Qui invece parlasi della scomparsa, sempre per chi discende nella serie stratigrafica, di ordini, di classi, di sottoregni, e infine del mondo organico intero. Le flore presentano lo stesso spettacolo, poichè all'epoca carbonifera, ove pure il regno vegetale è portato, anche in confronto dell'epoca attuale, al suo massimo sviluppo, lo troviamo ridotto quasi unicamente alla classe delle crittogame, la più umile fra quanto rallegrano attualmente la faccia del globo. Le conifere, associate alle crittogame, valgono appena a sostenere il lustro dell'epoca carbonifera, in faccia a chi giudichi del pregio di un essere organico dal grado che esso occupa nella scala dell'organizzazione. Nei terreni inferiori al carbonifero anche il regno vegetale si va impoverendo, e, non calcolando che le forme riconoscibili, trovasi ben presto ridotto alle umili alghe marine.

617. Entro sì angusti limiti tuttavia quanta ricchezza! Il numero, la varietà, la bellezza, le dimensioni, compensano la bassezza dei tipi. Un fiore non rallegrerebbe ancora lo sguardo di chi potesse distenderlo su quelle effimere terre, destinate ad esser di nuovo preda dell'oceano che le circonda. Ma le vedrebbe intanto ombreggiate da vergini foreste, come l'immenso bacino dell'Orenoco e del Rio delle Amazzoni. Non ancora un mammifero che, come il tapiro dipinto dall'Humboldt,[1] guidi la sua prole a dissetarsi alla solitaria corrente; non ancora un uccello, che interrompa colla armonia de' suoi canti il silenzio de' boschi. Solo in sull'ultimo, radi e piccoli di molo, strisciano i rettili sull'umido suolo, non temuti che dalle piccole lumache, che ne ascoltano il fruscio, nascoste sotto le umili felci o nei tronchi rosi delle gigantesche sigillarie. Ma quanto è solitaria la terra, altrettanto popoloso è il mare, ove fendono l'onda i voracissimi pesci, così varî di forma e potenti di mole; ove si trastullano, come gli insetti de' nostri stagni, trilobiti di mille forme; ove si incrociano in tutti i sensi, vagabondi, inquieti, sempre imprevisti, i cefalopodi, seco traendo nelle volubili mosse l'enorme conchiglia; ove i banchi di corallo traspajono dalle limpide acque come immense serre fiorite; ove i crinoidi ondeggiano come i giunchi della palude, e le vaghe cistidee brillano sul fondo del mare come i fiorelli che smaltano il prato. I mari attuali offrono ancora i rappresentanti della maggior parte degli ordini costituenti le faune di quegli antichissimi tempi. Ma ahimè! come scarsi di numero, come stremi di forze, come poveri di varietà! Due *Nautilus* e una *Spirula*!... qual misero ricordo di quel mondo di cefalopodi concamerati, padrone in allora degli immensi mari! Qualche *Lingula*, qualche *Terebratula*, con pochi parenti, ricordano appena quelle miriadi di *Brachiopodi*, per cui gli antichi strati vestono ancora gli splendori della madreperla. I trilobiti sono spenti; spenti i graptoliti: nulla ormai rimane degli immensi tesori della vita primitiva.

Dacchè la paleontologia ha rimesso in nostro potere tali tesori, eccoci padroni di documenti abbastanza copiosi per intavolare e sciogliere le principali questioni circa le condizioni degli antichi mondi. Quali erano esse?

618. Le condizioni degli antichi mondi noi le desumiamo dalle condizioni della animalizzazione. Noi non possiamo adunque, in questo senso, dir verbo del passato, se non partendo dal primo strato, che contiene reliquie organiche. Riflettiamo anche, che il numero, la varietà, l'altezza relativa dei tipi, per cui vi compare tanto meravigliosa la grand' epoca paleozoica, si affermano non già di ogni singolo periodo ma dell' epoca

[1] *La vita notturna degli animali nei Quadri della natura.*

intera; e quest'epoca rappresenta da sola, in durata, quello che si direbbe la vita di mille mondi. Il lavoro della natura fu lungo e progressivo: nè tanta ricchezza di forme organiche fu accumulata in brev'ora, nè a tanta altezza di tipi si giunse d'un salto. Tra il protozoico e il carbonifero passa maggior diversità che tra il carbonifero e il periodo attuale o antropozoico.

619. Alla lenta evoluzione della animalizzazione corrisponde una lenta evoluzione del pianeta, difficile a definirsi, ma constatata da fatti infinitamente molteplici. La terra va continuamente mutando d'aspetto, come continuamente cambia di abitatori. Presiede allo svolgersi dei fenomeni alla superficie il fenomeno delle oscillazioni, che tradiscono l'inesauribile attività interna del globo. Tutto infine quanto si riferisce ai cambiamenti interni ed esterni del globo si riassume nel gran fatto, che gli attuali nostri continenti erano mari, il cui fondo era in preda a continue oscillazioni. Da quegli antichi oceani, ora continenti, emersero talvolta basse ed effimere terre; ma il mare ripigliava poscia i suoi diritti, o i terreni paleozoici non ci dicono infino che mari o terre inghiottite dai mari. Il globo era dunque allora, come al presente, a guisa di corpo animato, che palpita, si agita, si sviluppa sotto l'impulso di quella attività, di quella vita, che anche al presente si tradisce con una serie così moltiforme di potenti manifestazioni. Alle rivoluzioni del globo si legano le evoluzioni della vita, e mutuamente al nostro sguardo si rivelano, si interpretano. Non cambia di natura uno strato, che non si mutino le reliquie organiche che esso contiene. Così lo studio delle antiche formazioni, lungi dal tediarci colla monotona uniformità di un mondo che non abbia di meraviglioso altro che la durata, ci fa assistere allo spettacolo sempre vario, sempre brillante di mille mondi, che ci passano dinanzi come le vedute di una magica lanterna. Ad ogni istante quadri stupendi, scene animate, episodi brillanti.

620. Col *protozoico* il mondo può già dirsi in pieno assetto, in tali condizioni cioè, che non si vedrebbe perchè gli animali superiori e l'uomo stesso non ci potessero vivere. Una prima pianta, un primo animale, per quanto infimi, dicono luce, calore, aria, circolazione atmosferica, pioggie, tutto infine le condizioni della vita come dell'infimo, così del più perfetto animale. Le grafiti degli antichissimi strati, d'indole cristallina, attestano l'esistenza dei vegetali, e gli antichissimi calcari saccaroidi pongono quasi fuor di dubbio l'esistenza di animali secretori fin dall'êra protozoica. Come erano queste piante? Come questi animali? Nol sappiamo. Certamente i vegetali precedettero gli animali; è necessità fisiologica. Ma noi non sappiamo di più. Non sappiamo nemmeno, se la flora protozoica fu veramente

la prima. Probabilmente non lo è, se già nell'epoca protozoica esistevano gli animali. E quali dovevano essere le condizioni del globo, quando esistevano le piante e non erano ancora comparsi gli animali? Bisognerebbe conoscere quelle piante per interrogarne le esigenze. Certamente l'êra *protozoica* fu preceduta da un'êra *azoica*, che può aver contato tanti secoli, quanti contarono minuti le êre susseguenti. Ma l'êra protozoica stessa è un'êra mitologica di immensa durata; lo dice l'enorme spessore di 15000 m. attinto dagli strati che si deposero in quei mari primitivi; ma è anche, più che altro, un'immensa lacuna nella storia della terra.

621. Col *cambriano* si esce alquanto al chiaro. Se noi restringiamo lo sguardo a quei terreni, non vediamo però altro che mari. Non una sola reliquia o di piante o d'animali terrestri. Il silenzio della terra non è rotto che dallo scroscio dell'onde, dallo scoppio del tuono e dal rombo de' terremoti. Ma le acque si popolano: lo spettacolo della vita è già animatissimo. Noi ci vediamo comparire dinnanzi contemporaneamente tre tipi di invertebrati: i radiati, i molluschi, e gli articolati. Con questi ultimi, rappresentati da numerosi trilobiti, il regno degli invertebrati si può dire completo, e noi meravigliamo di tanta altezza e varietà di tipi in un'epoca, che si può dire la prima epoca della animalizzazione del globo. Noi meravigliamo sopratutto di discernere tra quegli abitatori delle antichissime acque, di cui la natura ha da sì lungo tempo rotto lo stampo, due generi, che si presentano ancora nei nostri mari in tutta la schiettezza del loro tipo: la *Lingula* e il *Nautilus*.

622. I terreni *siluriani* non mutano ancora la scena su cui si presentano i viventi. Ancora mari, non altro che mari. Ma i personaggi sono tutti cambiati; la scena si anima sempre più; la vita è al parossismo. Per la prima volta in seno a' que' mari noi troviamo impiantata quella gran macchina vivente, destinata ad aver tanta parte nella economia del globo presente e futuro. Parlo dei coralli, che, fiorenti sotto tutte le latitudini, ci sono sicuri testimonî di un clima caldo e uniforme. La terra, continuamente convulsa, alterna, sulle stesse aree, i liberi mari, i littorali, i bassi fondi e le faune, quali respinte, quali chiamate dal mutarsi delle condizioni degli ambienti, cambiano di continuo di natura e d'aspetto. È una altra epoca lunghissima, che scorre lentamente, misurata da quella pila di strati che raggiunge 4000 m. d'altezza. Ma entro il nostro àmbito d'occhi, limitato agli spazî occupati dai nostri continenti, invano cerchiamo una terra, una sola isoletta, perduta nella immensità dell'oceano: come cerchiamo invano negli strati una foglia di pianta terrestre, una reliquia di terrestre animale. In mare invece gli animali si addensano, si stipano. Il *siluriano* è il regno degli invertebrati, che vi attingono forse il massimo del numero, della varietà, delle dimensioni. Ma solo invertebrati!

623. Così fino al Ludlow, in cui assistiamo non so se al tramonto del *siluriano* o all'aurora del *devoniano*. Ma eccoci, ad ogni modo, a miglior proda. Il *devoniano* ci presenta mari anch'esso, non altro che mari. Ma come Colombo, nel ramo tagliato di fresco e galleggiante sulle onde salutava le prossime terre ancora nascoste dietro l'orizzonte, così noi salutiamo, nelle prime reliquie di pianto terrestri, le antichissime terre a cui il nostro sguardo non arriva ancora. Queste piante sono *conifere;* appartengono a quel tipo che gareggia di eccellenza colle *dicotiledoni*, colle piante più perfette delle nostre foreste. Bisogna ben dire che la natura lavorasse già da lungo tempo a tessere alla terra il suo manto di perenne verzura; bisogna ben dire che altre terre abbiano esistito, prima di quelle sulle quali attecchirono le conifere del devoniano! Colle piante appajono i primi insetti che coronano il regno degli invertebrati; i mari formicolano di viventi, ma, in genere, si assomigliano tanto ai siluriani, che noi li potremmo credere rinati sotto altre forme specifiche, se la natura, quasi avesse acquistato con tante meravigliose creazioni il coraggio e l'arte di cose maggiori, non ci presentasse innanzi nuove creature, così superiori alle precedenti da imporre alla scienza la creazione di un nuovo regno.

624. I vertebrati appajono sotto le più umili divise del regno: sono i pesci. Ma abbiamo veduto quanto sia spettacolosa la loro entrata in scena. Ben lungi dell'apparirci scarsi e stenti, come chi

> . . . . . . con lena affannata
> Uscito fuor del pelago alla riva,

vi giunge dopo una serie di lente o faticose trasformazioni; eccoli invece presentarsi numerosi, pieni di vigore, ebbri della nuova vita, superbi delle forme più svariate, potenti di mole, sôrti d'un tratto sovrani de' mari.

625. Se il periodo devoniano confrontiamo col siluriano, ad onta degli stretti legami di affinità zoologiche che striugono e quasi indentificano le due epoche, troviamo una grande differenza nelle loro condizioni marine. Il siluriano ci presenta in genere liberi mari, ove si stipano i coralli, che vi fabbricano i calcari. Il devoniano invece ci mostra più spesso littorali o mari interclusi. Ma nell'uno e nell'altro i liberi mari e i littorali si alternano, e con loro si alternano le faune caratteristiche degli uni e degli altri.

626. Siamo all'epoca classica. Ecco le terre! Il *carbonifero* non ci obbliga a supporle; non ci obbliga nemmeno a intravederle dietro l'orizzonte. Esse ci si presentano coperte di vergini foreste, irrorate da pioggie fe-

condatrici, solcate da limpidi fiumi,[1] brulicanti d'insetti, abitate da molluschi e da rettili. Ma sul principio dell'epoca lo sguardo spazia ancora desolato sopra un libero mare. Vengono poscia i littorali e i bassi fondi del *Millston-grit;* le terre appajono ultime. Sono vere terre; esse occupano quelle stesse aree, che sono in oggi occupate dai continenti: l'ideale del mondo è completo a' nostri sguardi. Non è però ancora il grande ideale che ci presentano i nostri continenti, irti di catene elevate al cielo e coperte di eterni ghiacci, i nostri continenti che dilatano in mare le loro immense basi. Il carbonifero non ci presenta ancora che un vasto arcipelago, come quello, p. es., che, con una corona di cento e cento isole, ricinge il colosso dell'Asia. Uguali a un dipresso ne sono le condizioni: clima caldo, pioggie abbondanti, vegetazione robusta. Ecco quanto di più completo ci presenta il mondo inorganico nelle epoche più antiche. Anche il mondo organico nell'epoca carbonifera presenta lo stato di maggiore sviluppo offerto dalle epoche paleozoiche. Passando in rassegna i diversi fossili vegetali o animali dell'epoca carbonifera, noi troviamo che la terra numerava già, comparsi successivamente, talora saltuariamente, i seguenti tipi:

Piante	Crinoidi	Cefalopodi	Ortopteri
Acrogene	Echinidi	Vermi	Coleopteri
Conifere	Molluschi	Crostacei	Rettili
Amorfozoarî	Briozoarî	Miriapodî	Batracî
Foraminiferi	Brachiopodi	Aracnidi	Saurî
Polipai	Acefali	Insetti	Chelonî
Echinodermi	Gasteropodi	Nevropteri	Pesci.

Così si chiude l'êra paleozoica, senza che appaja nè un uccello, nè un mammifero.

627. Questo breve ritorno sulle singole epoche doveva servire al lettore di richiamo dei punti più saglienti, dei fatti più importanti, a cui si appoggia la risposta che siamo per dare alle domande che noi ci faremo circa le condizioni dei mondi primitivi. Queste domande possono, mi pare, ridursi a sei.

1.° Quali erano in quell'epoca le condizioni del cielo?

2.° Quali erano le forme geografiche, ossia le condizioni della superficie terrestre?

3.° Quale era il clima?

[1] Gli strati di carbon fossile sono talvolta interrotti come da canali, riempiti di roccie detritiche, i quali rappresentano evidentemente i letti occupati dalle correnti, che percorrevano le vergini foreste.

4.° Quali le condizioni della animalizzazione?

5.° Quali le condizioni dell'interno del globo?

6.° Quale il risultato finale delle oscillazioni terrestri?

628. Alla prima domanda « quali erano in quell'epoca le condizioni del cielo » rispondo: che i bellissimi occhi dei trilobiti, come osserva Buchland, attestano, fin dal periodo cambriano, la pienezza del giorno, e che gli effetti della luce in quelle epoche antichissime sono dimostrati dalle traccie dei colori che ancora si ammirano sulle conchiglie siluriane. E di quella luce chi poteva essere il provvido dispênsiere, se non

> Lo ministro maggior della natura,
> Che del valor del cielo il mondo imprenta? [1]

Gli abitatori dei mondi primitivi, benchè solo capaci di sentire, non d'intendere, godevano anch'essi giorni sfolgoranti, [2] notti serene, aure pure e trasparenti, e, riflesso dai mari senza confine,

---

[1] DANTE, *Paradiso*, Canto X.

[2] Potrà sembrare che i fatti, citati al Cap. IX, § 252-263, infermino assai il valore degli argomenti, che ci conducono a stabilire lo stato del cielo e nominatamente l'esistenza del sole fin dal primo periodo della animalizzazione del globo. Abbiamo veduto infatti come la vita sia possibile, anzi sia un fatto, ad una profondità sottomarina di 4453 metri (§ 263), dove non può giungere nessun raggio di sole. A 2699 metri si raccolse un crostaceo con occhi grandi e prominenti (§ 261). Gli animali raccolti alla profondità di 915 metri (§ 256) hanno occhi bellissimi e sono colorati. Abbiamo anche veduto come a questo nuovo problema della visione nelle grandi profondità si cerchi di rispondere col supposto della fosforescenza marina, sostituita alla luce del sole, e mi dicono anche con quello di una luce che si svilupperebbe spontanea sotto le grandi pressioni. In attenzione che il problema si sciolga, si possono forse da taluno opporre i fatti accennati alla tesi che io sostengo. Come mai gli occhi dei trilobiti e i colori delle conchiglie siluriane si piglieranno come argomento dell'esistenza del sole, se vi hanno crostacei con occhi bellissimi e animali colorati a profondità tali, che la luce del sole deve esservi affatto spenta o almeno affatto insensibile! La objezione, secondo me, non può avere nessun valore, se non nel caso che si possa trovare una analogia di natura e di condizioni tra le faune paleozoiche e la fauna delle grandi profondità attuali; ma tale analogia non si verifica punto. La fauna delle grandi profondità è scarsa; consta di piccole specie (§ 256), con immensa maggioranza delle foraminifere. Le faune primitive sono copiose; constano di specie talora gigantesche, e vi sono quasi ignote le foraminifere, e hanno piuttosto della analogia colle faune littorali. Fin dai primordi del siluriano abbiamo un enorme sviluppo di coralli. Sappiamo che, se vi hanno coralli piccoli ed isolati anche a grandi profondità, la vita corallina è però caratteristica delle regioni più superficiali dei liberi mari. Nessuna classe d'animali marini più dei coralli esige splendidi soli, e attiva evaporazione, per cui li vediamo confinati entro la zona torrida, e viventi nelle regioni più superficiali del mare. Nè la fosforescenza marina, nè la luce prodotta dalla compressione, possono compensare i coralli del difetto de' raggi solari. Vi ha poi un ordine di animali, sviluppatissimo nelle epoche primitive, che par fatto a bella posta per togliere ogni sospetto, che le faune primitive abitassero, in genere, le grandi profondità. L'esistenza di animali sotto la pressione di centinaja d'atmosfere si spiega col fatto della quasi incompressibilità dei liquidi e dei corpi gelatinosi. Nessuno di certo crederà possibile, che un animale provveduto di cavità vuote, o ripiene di gas, possa reggere sotto la pressione, non dirò di

Dolce color d' oriental zaffiro [1].

La geologia, riconoscendo che gli abitatori dei mondi primitivi godevano degli splendori del sole, si trova perfettamonte all' unissono col gran Libro, che dice: « Fece Iddio due grandi luminari: il maggiore cho presiedesse al giorno o il minore che presiedesse alla notte; e fu allora cho Dio disse: producano lo acque, ecc., e impose agli animali di riempire le acquo del mare. [2] »

629. La seconda domanda: « quali erano le forme geograficho, ossia lo condizioni della superficie terrestro? » si trova già ripetuta nei singoli capitoli consacrati alla descrizione dei diversi terreni paleozoici. Riassumendo le risposte, dato volta per volta, noi conchiudiamo che dall' epoca in cui si depositò il primo strato protozoico la superficie terrestre era già divisa in mari e terre asciutte. L' esistenza delle terre, anzi di veri continenti, paragonabili agli attuali, con monti e valli, percorso da fiumi, come al presente, è dimostrata: 1.° dal fatto, cho tutti i terreni, protozoici e

400, ma anche 50 o 100 atmosfere. Ora nella fauna primordiale noi incontriamo già i *Nautilus*, colla loro conchiglia concamerata, facente le funzioni della vescica natatoria dei pesci. Il siluriano inferioro poi, cioè il gruppo di Trenton, è caratterizzato dallo sviluppo prodigioso dei cefalopodi concamerati. È desso che vanta nell' *Endoceras proteiforme* una conchiglia concamerata, di 10 a 15 piedi di lunghezza. Notisi, che la parete dei cefalopodi concamerati è in genere sottilissima. Come mai quelle conchiglie vuote non sarebbero rimaste schiacciate sotto una pressione, supponiamo, di 50, di 100 atmosfere, vale a dire alla profondità di 500, di 1000 metri? Se trattasi dunque di faune littorali o superficiali, i trilobiti e i cefalopodi, che non v' ha nessuna ragione di supporre ciechi, dovevano aver gli occhi per godere della luce del sole. Supporre senza ragione un' altra luce, che non sia quella del sole, per animali destinati ad acque poco profonde, è gratuita ed inutile ipotesi. Tanto vale il supporre che respirassero un' aria o abitassero un' acqua diverse dall' aria e dall' acqua attuale. Come la natura degli animali, così la natura dei sedimenti, che ne racchiudono le spoglie, ci obbliga a riconoscere nelle faune primitive faune littorali o superficiali, piuttosto che faune di grandi profondità. Quale è la natura dei sedimenti abitati dalla fauna attuale delle grandi profondità? È un fatto costante, rilevato da tutti gli scandagli praticati, che le grandi profondità sono occupate da un deposito specialissimo, di natura organico, da quel fango calcareo, finissimo, composto quasi intieramente di foraminiferi e di diatomee, paragonato a un caolino (§ 200), o alla *creta bianca* (§ 262). Di ben altra natura sono i sedimenti, cho contengono le faune primitive. In genere, o sono banchi corallini, simili a quelli che traspajono dalle limpide acque dei liberi mari, e si convertono in isole; o sono terreni detritici, d'indole affatto littorale. Gli antichissimi trilobiti del cambriano di Boemia e d' Inghilterra abitavano dei fanghi detritici, conversi poi in schisti e ardesie. Il più antico cambriano d'America, cioè il gruppo inferiore del Potsdam, così ricco di trilobiti, è una zona eminentemente arenacea, con tutte le varietà di arenarie, con sabbie incoerenti e conglomerati, una zona eminentemente littorale. Infine, se non vi ha nessuna analogia nè di natura, nè di condizioni, tra la fauna attuale delle grandi profondità e le faune primitive, nessuna conclusione legittima può derivarsi dalle condizioni eccezionali di quella, circa le condizioni del globo, nelle epoche in cui vissero queste.

[1] DANTE, *Purgatorio*, Canto I.

[2] *Genesi*, Capo I.

paleozoici constano in gran parte di roccie aggregate o detritiche: 2.° dal fatto dell' esistenza negli stessi terreni di animali marini secretori di sali calcarei. Quanto al primo fatto la *dinamica terrestre*, come ho ripetuto più volte, dimostra che i detriti, costituenti i littorali e i fondi marini, non possono avere altra origine che le dejezioni dei fiumi, o la rapina che il mare stesso esercita sulle coste. Dire che esistono fiumi e coste, è dire che esistono continenti.

630. Insisteremo ancora un pochino sul secondo fatto, aggiungendo qualche parola a quanto abbiamo osservato in proposito, parlando delle condizioni dell'epoca cambriana (§ 340-343). L' esistenza degli animali marini secretori è attestata, pei terreni protozoici, dalla esistenza dei calcari, i quali non possono aver avuto che un' origine organica.[1] Se di ciò rimanesse alcun dubbio, esso svanisce appena che si arrivi al cambriano. I molluschi e crostacei del cambriano sono già animali secretori di sali calcari, capaci di impoverirne le acque del mare. Ben lungi dall'accusare un tale impoverimento, il mare, nell' epoca siluriana, si mostra tanto ben provvisto di sali calcarei, che la vita corallina vi si spiega in tutta la sua potenza, e continua, sempre poderosa, sempre uguale in tutto il corso delle epoche paleozoiche, e il mare non mostra di patirne alcun difetto, e lo vedremo pronto ad alimentare gli enormi banchi di corallo del trias, del giura, della creta, dell'epoca terziaria, e giungere all' epoca attuale, atto ancora a prestar la materia di quei continenti sottomarini, che i coralli dell' Oceano Indiano e del Pacifico non si stancano di elevare e di dilatare sempre più. Ove andò a provvedersi il mare di quella enorme quantità di sali calcarei, per cui i coralli e tutte le infinite generazioni di animali secretori di sali calcarei, cominciando dall' epoca protozoica, e continuando fino a noi, giunsero a costituire per tanta parte gli attuali continenti, ed altri ne preparano per quando questi siano disfatti? Una delle due: o il mare conteneva in origine tanti sali calcarei, quanti erano sufficienti all' edificio di tutte le conchiglie dei molluschi, di tutti gli scheletri dei crinoidi o degli echinidi, di tutte le ossa dei pesci e, meraviglioso a dirsi! di tutti i banchi di corallo, dal principio dell' epoca protozoica fino ad oggi; o il mare stesso dovette, mano mano che s'impoveriva di sali calcarei, esserne rifornito. La prima ipotesi è inammissibile: per sostenerla, bisognerebbe ammettere, che i mari primitivi contenessero una quantità di sali almeno 1000 volte maggiore di quella che ne contengono al presente.[2] Si sorpasserebbe d' assai, in

[1] Vedi sopra al Capo IV.

[2] Per quanto la geologia si presti ancora pochissimo a fissare delle epoche assolute, non vi sarà geologo così schifiltoso, il quale non ammetta, che l' assegnare all' epoca della anima-

questa ipotesi, il punto di saturazione. Ora sappiamo, che qualche grado maggiore di condensazione dei sali marini rende impossibile la vita, come lo provano il Mar Morto, i laghi salati dell' Africa, ecc. Necessariamente dobbiamo adunque ammettere la seconda ipotesi. Ma chi poteva rifornire al mare i sali calcarei, di cui gli animali secretori lo andavano di continuo spogliando? non altro che i continenti, conformemente a ciò che vediamo operarsi attualmente in modo evidente. Supponiamo anche che i mari primitivi fossero forniti di una quantità di sali, appena sufficiente per alimentare gli animali secretori fino alla comparsa delle terre devoniane, che vedremo con certezza attestate dalle piante terrestri. È un supposto affatto arbitrario; ma ancora la quantità di sali doveva essere tale da rendere impossibile la vita. Si pensi che le sole epoche cambriana e siluriana ebbero una durata abbastanza lunga, perchè si deponessero circa 7000 metri di sedimenti, quanto basterebbe a colmare gli oceani. O i mari primitivi contenevano appena quella quantità di sali che rendesse possibile la vita, o gli animali l'avrebbero esaurita in brevissimo tempo; o ne contenevano una quantità bastante per le due epoche, e l'esistenza degli animali era impossibile.

631. I continenti esistevano adunque fin dall' epoca protozoica. Quelli (e parlo dei geologi più distinti) i quali vogliono che la terra fosse interamente coperta dalle acque fin nell'epoca siluriana, come spiegano il parossismo della vita corallina in quell'epoca? Qui appare anco una volta quanto siano consoni alle leggi della natura, e quindi inspirati a verità, i dettati del gran Libro, ove si legge che, prima che spuntasse un filo d'erba, o un solo animale si agitasse nelle acque del mare, Dio aveva detto: « Si radunino le acque, che sono sotto il cielo, in un sol luogo, e l' arida apparisca: e all' arida diede Iddio il nome di terra, e chiamò mari le congregazioni delle acque.[1] »

632. Anche alla terza domanda: « quale era il clima dei mondi primitivi? » si è risposto parlando alla spicciolata del clima dominante nei singoli periodi paleozoici. Siccome la natura del clima l' abbiamo desunta da quella degli animali, e dalla loro distribuzione nei diversi periodi, così dobbiamo rinunciare a discorrere del clima dell' êra protozoica. Limitandoci alla sola êra paleozoica, ripetiamo di essa quanto abbiamo asserito

---

lizzazione, partendo dal protozoico, o anche solo dal cambriano, una durata mille volte maggiore della durata dell' epoca storica, è un tenersi entro i confini più ragionevoli, anzi un accordare troppo più del dovere. Per la durata dell' epoca storica si pigli pure il *maximum* cioè la cifra di circa 7500 anni, che si può dire assegnato dalla Bibbia, secondo alcuni interpreti, o anche di 8855 anni, secondo altri.

[1] *Genesi*, Capo I.

dei singoli periodi onde si compone. Il clima era assai più uniforme e, in genere, più caldo che nell'epoca attuale. Le regioni ora glaciali o temperate godevano allora di un clima paragonabile a quello delle nostre regioni torride o subtorride.

633. L'uniformità la desumiamo dalla quasi nullità della *legge d'accantonamento* delle faune e delle flore, ossia dalla maggiore universalizzazione dei tipi animali e vegetali. I particolari in proposito furono dati quando trattammo specialmente di ciascuno dei grandi periodi, in cui si divide l'êra paleozoica. Abbiamo veduto come un numero assai considerevole di piante e di animali sia commune all'antico e al nuovo continente, e sparso sotto le diverse latitudini, dall'equatore fin dove giunsero le indagini verso i poli (più veramente diremo: verso il polo artico). Se anche non si verificasse identità di specie, i tipi generici sono così uniformi in tutte le regioni paleozoiche, che *l'universalizzazione* delle faune e delle flore non rimarrebbe per ciò meno autenticata. Dalla universalizzazione delle faune e delle flore desumo l'eguaglianza, almeno approssimativa, del clima, anzi l'esistenza di un clima universalmente caldo. La astronomia, la cosmologia in genere, a meno di ricorrere a ipotesi affatto gratuite, ci vietano di credere che la zona torrida potesse mai soggiacere ad un clima freddo o temperato. Ne viene di conseguenza, che il clima dell'epoca paleozoica, e più o meno delle epoche più recenti, per essere uguale, doveva essere un clima universalmente caldo. La natura degli animali paleozoici depone esuberantemente per la caldura di quel clima.

634. I mari e i continenti hanno un termometro fisso ciascuno, a cui la scienza si affida con maggior sicurezza, e di cui giovossi specialmente la geologia, dacchè le è tolto, per le epoche andate, il suffragio della esperienza diretta. Il termometro de' mari sono, come più volte il dicemmo, i coralli: il termometro dei continenti, le piante. Di coralli sono così straricchi gli strati paleozoici, che pare ragionevole l'inferirne, come abbiamo fatto, un clima caldo. Ma Lyell ci trattiene, per farci riflettere, anche sull'autorità di Forbes, che i coralli paleozoici d'America e d'Europa, per quanto rispondano all'ideale dei banchi attuali, appartengono tutti ai *Zoantari rugosi*, sotto-ordine che non conta più rappresentanti nei mari attuali. Ci avverte quindi, almeno in tre luoghi,[1] a non affrettare le conclusioni circa la natura del clima nei mari settentrionali dell'epoca paleozoica, perchè esse, dice Forbes, *riposerebbero unicamente sulla confusione delle analogie colle affinità.*

635. Le scienze naturali, la geologia più di tutte, ove non siano basate

[1] LYELL, *Manuel*, Cap. XXV e XXVI.

sull' osservazione diretta, o sull' esperienza, si appoggiano quasi unicamente alle analogie. In questo senso gli antichi banchi di corallo, avendo la massima analogia coi banchi di coralli viventi, è già ragionevole il conchindere, che dunque avessero bisogno di un clima caldo. Per le epoche più recenti (triasica, giurese, ecc.) alla *analogia* delle forme, si aggiunge anche una maggiore *affinità zoologica*, cioè una organizzazione genericamente identica. Ma anche le *affinità* sono esse argomento sicuro? la balena della zona torrida (*capodoglio*) non è essa affine alla *balena franca* degli artichi ghiacci?[1] E il mammouth, abitatore delle regioni più settentrionali, il quale non invase, come vedremo, le regioni temperate che allorquando furono trasmutate in regioni glaciali, non è affine, quanto può esserlo specie a specie nello stesso genere, all'elefante che si scalda sotto le canicole africane? Il paleontologo, che si fosse basato sulle affinità, avrebbe scambiato un deserto di ghiaccio per un deserto di sabbie cocenti. Bastò un vello lanoso, e una giubba, pendente dal collo del mammonth, per conciliare ciò che, in base alle affinità, era inconciliabile, un elefante e un'epoca glaciale.

636. Ma sopra le *analogie* e le *affinità* stanno le leggi imprescrittibili della natura; le esigenze assolute della organizzazione. È qui, dove le scienze naturali trovano un campo, che diremo più filosofico, più razionale, e dove si può supplire, con pari certezza, alla osservazione e alla esperienza diretta. Per quanto non vi sia nè analogia nè affinità tra un mammifero e un gasteropodo polmonato, un paleontologo non dubiterà di affermare che l' uno o l'altro vivevano in un' epoca, in cui c' era un' atmosfera da respirare. È in questo senso che i banchi di corallo debbono ritenersi, a qualunque tipo appartengano, testimoni di un clima caldo nelle regioni ove si sviluppano; e che dal loro sviluppo, maggiore o minore, si può giudicare dell'altezza maggiore o minore della temperatura.

637. I banchi di corallo sono attualmente confinati entro la zona torrida, e non se ne dipartono che di pochi gradi, quando, per dir così, li accompagna il clima della zona torrida, come si verifica alle Bermude, nel Mar Rosso, ecc.[2] Ciò non dipende da *predilezione istintiva*, quale direbbesi (non però esattamente) degli insetti, dei rettili, di famiglie e generi aventi lo stesso tipo di organizzazione, eppure sparsi sotto diversi climi; ma dipende dalle esigenze dell' organismo, se vuolsi, da quelle leggi di economia provvidenziale, che governano e governarono il globo in ogni tempo. Noi abbiamo già studiato la parte importantissima che

[1] *Dinamica terrestre*, § 315.
[2] *Ib.*, § 331.

rappresentano i coralli, specialmente le grandi specie sociali, nella economia del globo, come compensatori,[1] come aventi due grandi missioni, una pel presente, l'altra pel futuro. I coralli, in un trattato di economia cosmica, si potrebbero definire: organismi secretori delle sostanze calcaree, destinati a tenere libero le acque da un eccesso di sali calcarei prodotti dalla soverchia evaporazione, e a preparare la stoffa dei nuovi continenti, da sostituirsi agli antichi. I coralli viventi lavorano a raggiungere il duplice scopo: i coralli fossili l'hanno già raggiunto, e gran parte delle nostre masse continentali ci fu da essi elaborata. Ne viene di conseguenza che, in ogni tempo, i coralli (parliamo sempre delle specie sociali, dei grandi aggregati, in fine dei banchi corallini) dovettero trovarsi ove era massimo il bisogno della compensazione, e massimo il prodotto della secrezione; cioè dove era massima l'evaporazione, e massima quindi la concentrazione dei sali: nelle condizioni infine, in cui si trovano e si possono trovare unicamente i coralli nell'epoca attuale, chiusi entro i limiti della zona torrida. Allargate anche in oggi i confini delle regioni tropicali, spingeteli fino ai poli, alle aguglie di ghiaccio, ai formidabili *hummock*, o avrete in breve sostituito le fiorite ghirlande degli *atoll*.

638. Se alcuno dubita che vi sia piuttosto del fantastico che del vero nel modo con cui abbiamo presa la questione, credendo guardarla da un punto di vista rigorosamente filosofico, la semplifichi, e si renda la conclusione, quasi direi, palpabile, ragionando così. Perchè i polipi, a qualunque tipo appartengano, secretino una così enorme quantità di sostanze calcaree, che trova appena da paragonarsi, sia nell' epoca presente come nello andate, colle masse continentali, hanno bisogno che si verifichi attiva l'evaporazione, e quindi la condensazione delle acque, da cui traggono la sostanza assimilabile. È una necessità assoluta dell' organismo, che è loro proprio. La rapida evaporazione non si verifica che sotto un' atmosfera calda o secca, come quella della zona torrida: ma i banchi corallini dell'epoca paleozoica si distendono nelle regioni più settentrionali: dunque il clima della zona torrida ferveva allora nelle regioni più settentrionali.

639. Che difatti una rapida evaporazione, quale si avvera nelle regioni più calde del globo, sia quanto v'ha di più opportuno, anzi di più necessario a promuovere lo sviluppo dei coralli e de' testacei in genere, se non bastasse a provarlo il fatto mondiale dell' immenso sviluppo dei banchi di coralli sotto la zona torrida e della loro assenza nelle zone fredde o temperate, non ci mancherebbe nemmeno il suffragio della esperienza. Nessun quadro più vivo può ammirarsi di quello in cui, con poche ma robuste pennel-

---

[1] *Dinamica terrestre*, § 328 e seguenti.

late, vediamo dipinta da Jansen la vita in seno al mare, sotto la sferza de' tropici. Questo quadro lo riporteremo più tardi, perchè non risponde soltanto alla difficoltà che ora ci siamo proposta, ma anche, e meglio, ad un'altra che ci proporremo tantosto. Anticipo però una nota dello stesso Jansen, da cui si può rilevare con quanta avidità gli organismi secretori s'impossessino dei sali, concentrati dal sole cocente e dalle continue brezze di terra e di mare, e nel cuore delle regioni tropicali: « L'arcipelago delle isole di corallo, dice Jansen, a nord dello stretto della Sonda, è rimarchevole. Prima che l'acqua del mare sia passata dallo stretto, essa è privata della materia solida, che diede origine alle *mille isole.* »

640. Si noti, come, pigliando la questione del valore termometrico dei coralli dal punto di vista dal quale ci si è presentata, tutti i testacei in genere acquistano, nello stesso senso, un valore proporzionale, cioè relativo alla quantità di sostanza calcarea secretata da ciascun individuo. Le ostriche di Napoli, p. es., sono assai più grosse di quelle di Venezia. Quale conchiglia dell'Adriatico può paragonarsi, o per spessore di guscio e per mole gigantesca, alle colossali *Tridacnidi* del peso di oltre 100 chilogrammi, ai *Fusus*, ai *Cassis*, agli *Strombus*, alle *Purpura* dei mari equatoriali? Peggio, per quanto mi consta, se, nel confronto, sostituiamo all'Adriatico i mari delle latitudini più settentrionali. Ora, potevano svilupparsi quegli enormi ortoceratiti,[1] piuttosto viventi colonne che conchiglie, in un mare freddo, e per conseguenza piuttosto salmastro, che sa'so? Per queste ragioni un valore termometrico pari a quello de' coralli, o forse maggiore, io lo attribuisco a un'altra classe di animali, ora quasi letteralmente spenta, e allora nel parossismo della vita. Parlo de' crinoidi. La tessitura compatta, direbbesi metallica, dei crinoidi, la piccolezza delle cavità viscerali in confronto collo spessore, e la pesantezza dello scheletro, dicono abbastanza, come i crinoidi dovevano essere secretori ancor più attivi e ancor più potenti dei coralli, essendo questi dotati di una tessitura in genere assai porosa, e di cavità proporzionatamente più capaci. A loro deve forse anzi attribuirsi, in proposito, un' importanza maggiore che ai coralli, nelle prime epoche del globo. Gli *strati di Trenton*, alla base dei *terreni siluriani*, sono descritti da Dana come formati da un vero impasto di conchiglie, coralli e crinoidi. La vita del *periodo subcarbonifero* è detta, dallo stesso Dana, rimarchevole per la grande profusione dei crinoidi; per cui vorrebbe si chiamasse, nella storia geologica, *periodo dei crinoidi.*

Concludiamo infine, che la vita animale attesta, per l'epoca paleozoica, un clima universalmente caldo.

---

[1] Vedi sopra al § 374.

641. La testimonianza degli animali è fiancheggiata da quella delle piante. Il tipo vivente, che meglio risponde a quelle piante colossali, a cui sono dovuti principalmente quegli sconfinati letti di carbon fossile, in tutte le parti del globo, anche nelle regioni più settentrionali, è quello delle felci arboree che estasiavano l' Humboldt in seno alle vergini foreste. E ciò che meglio risponde all'ideale stesso dei grandi ammassi di carbon fossile, sono le stesse vergini foreste che Humboldt asserisce esclusive delle regioni equatoriali, e che si dilatano, fitte, impenetrabili, sopra estensioni immense, nei bacini riuniti dell'Orenoco e delle Amazzoni. Vedemmo infatti, parlando in ispecie del periodo carbonifero, come il parallelo tra le foreste vergini e i letti di carbon fossile regga a tutto rigore di critica.

642. Ma anche qui Lyell ci si frappone per prevenirci, che le felci arboree si spingono molto a sud, sicchè se ne scorgono ancora nella parte meridionale della Nuova Zelanda.[1] Si noti intanto che la Nuova Zelanda occupa, approsimativamente, le stesse latitudini nell'emisfero sud che l'Italia nell'emisfero nord; che il clima vi deve essere più dolce, non essendo limitata a sud da una nevosa catena, che cinge invece l' Italia a nord. I viaggiatori vi indicano, in genere, un clima dolce e, quel che è più, uniforme. Le felci arboree e una flora d'indole quasi tropicale ne sarebbero appunto una prova.[2] Quand'anche ciò non fosse, vorremmo noi dare maggior valore all'eccezione che alla regola? Il regno delle felci arboree è, come pei coralli, la zona torrida. Ma anche qui mi sia permesso di guardare i letti di carbon fossile dallo stesso punto di vista, dal quale ho considerato i banchi fossili di corallo. Prescindendo cioè dalle analogie e dalle affinità organiche, è un fatto, che il massimo sviluppo della vegetazione risponde alle regioni più calde del globo; purchè, naturalmente, si verifichino le condizioni necessarie a tale sviluppo, specialmente un grado sufficiente di umidità. Anche questo è voluto dalle condizioni necessarie dall'organismo, sapendosi quanto influiscano un alto grado, e anche solo la costante mitezza della temperatura, allo sviluppo rapido e completo dei vegetali. Io guardo adunque piuttosto all'insieme delle foreste equatoriali, di cui vedo riprodotto, anzi esagerato, il tipo nei letti di carbon fossile, che ai singoli vegetali, i quali compongono le stesse foreste. Sovra un continente temperato o freddo potrebbe immaginarsi tale sviluppo di vegetazione, che potesse in una sola regione, come si verifica nel bacino

[1] *Manuel*, Cap. XXV.

[2] Hochstetter nella sua stupenda opera vanta il clima delizioso della Nuova Zelanda, e ne dipinge le vergini foreste.

carbonifero degli Appalachian, adunarsi una viva catasta di legname, la quale, compressa, avrebbe ancora uno spessore di 60 a 90 metri?

643. Lyell osserva però, come il predominio delle felci, in un dato paese, indica meno un calore intenso che un clima umido, una temperatura uguale, e l'assenza del gelo. Io vorrei dire invece, che una foresta, come quelle che si osservano nei bacini dell'Orenoco e delle Amazzoni, e quelle ancora più fitte che si tramutarono in letti di carbon fossile, indicano un clima caldo, costante, umido. Ho esposto con bastante diffusione [1] la teorica della circolazione atmosferica per dispensarmi dallo spiegare, come, ad una maggiore evaporazione, portata da un clima universalmente più caldo, doveva corrispondere una maggiore concentrazione di vapori, cioè una maggiore quantità di pioggie, per legge d'equilibrio cosmico: come, perciò ai mari, dove ferveva la vita animale nei coralli, nei crinoidi ecc. per eccesso di evaporazione, dovevano rispondere dei continenti, ove rigurgitava la vita vegetale, nei *Lepidodendron*, nelle *Calamites*, nelle *Sigillaria* per abbondanza di concentrazione. Ciò si verifica ora precisamente delle regioni equatoriali dell'Atlantico, in confronto colla regione continentale del Rio delle Amazzoni. Le grandi regioni boschive dell'epoca carbonifera potevano essere abbondantemente irrorate, o a intervalli, come i *llanos* della Nuova Granata e i *pampas* dell'Argentina, o costantemente, come le regioni esposte all'immediato afflusso del Rio delle Amazzoni. [2] Se i coralli erano deputati, fin d'allora, ad eliminare dalle acque il soverchio delle sostanze solide addensate dalla evaporazione, le correnti di terra erano fin d'allora ordinate a mantenervi un grado sufficiente di concentrazione, rimettendovi una proporzionata quantità di sali calcarei.

644. Se i coralli e i testacei attestano l'attività delle correnti atmosferiche spronate dal sole de'tropici, gli immensi ammassi di grès, di conglomerati, di fanghi, testimoniano l'attività vandalica, esercitata sui continenti, dalle correnti di terra, nutrite da diluvî di pioggia. Forse è perciò che negli antichissimi tempi furono posti, accanto ai coralli, possenti ausiliarî i crinoidi, nell'importantissimo magistero della secrezione dei sali calcarei. Alla evaporazione più attiva, prodotta da un clima universalmente caldo, anche nelle regioni glaciali, doveva corrispondere una più abbondante concentrazione de' vapori. Da ciò pioggie più frequenti e più torrenziali; da ciò ablazioni più ripetute e più abbondanti delle masse continentali, quindi maggior quantità di sali versati in seno all'Oceano. Ammesso che la concentrazione e l'evaporazione si compensino mutua-

[1] *Dinamica terrestre*, Cap. III.
[2] *Parte prima*, § 93-95.

mente, rimarrà sempre che una maggior quantità di sali si andrà ammassando nell'Oceano, per ciò che essi non seguono l' acqua che evapora. L' eccesso conseguente dei sali non può trovar compenso che nell'azione secretiva degli organismi destinati a fissarli. Ecco perchè diceva che ai polipi furono dati come ausiliari i crinoidi. Ciò è tanto probabile, che noi vedremo scomparire i crinoidi, mano mano che il clima irrigidisce, finchè li vedremo nell'epoca terziaria e nella attuale quasi letteralmente eliminati, come inutili operai, dalle acque. Infine il clima delle epoche paleozoiche era un clima tropicale, un clima, ove, a modo di dire, un cielo di bronzo infuocato si stendeva sopra terre fresche e rugiadose; un clima ove la tenebria delle umide foreste si perpetuava in mezzo a un oceano di luce; ove le felci e i muschi, schivi dei raggi del sole e del soffio de' venti, prosperavano come i coralli, che dal sole e dai venti attendono la vita. Il *periodo carbonifero* è quello che, meglio di tutti, realizza l' ideale di un tal clima.

645. Dopo tutto questo mi si perdonerà l' assoluta ripugnanza che io provo ad accettare le idee di Lyell, e più ancora quelle di Heer, il quale, nel suo stupendo lavoro sulle *Origini della Svizzera*, [1] insiste cotanto nel supposto, che la terra, nell'epoca carbonifera, fosse racchiusa quasi entro una teca impenetrabile di fitte nubi; che il sole perciò influisse assai più debolmente sulla esterna temperatura del globo; per trarne la conseguenza, troppe volte e, secondo me, troppo malamente ripetuta, che l'alta temperatura superficiale derivasse dalla maggiore influenza del calore centrale. Quando fosse giunto, con ciò, a rendere ragione dello sviluppo di quelle colossali foreste, che ci forzano ad ammettere alta temperatura, clima umido, terre umide e limacciose; potrebbe poi ugualmente spiegare l' immenso sviluppo dei coralli e delle conchiglie negli oceani paleozoici? Saremmo forse costretti a credere che tutto l'universo consistesse in quelle vergini foreste che il terreno carbonifero ci discopre? Che il clima, l'atmosfera, il cielo, presentassero nel periodo carbonifero, l' opposto di quello che si verifica nell'epoca del calcare di montagna (carbonifero inferiore) e di tutte le epoche antichissime, le quali accusano tanto splendore di cielo, e libertà di aria? Riservandomi di discutere più tardi la pretesa influenza del calore centrale sulla temperatura esterna, parmi per ora di aver detto quanto vale a rendere molto problematico il supposto di un cielo denso e caliginoso, il quale menomasse l' influenza di quell' astro, che è la vita dell'universo. Qual bisogno di ipotesi, se attuali regioni rispondono così bene all' ideale di quelle regioni antichissime?

---

[1] Heer, *Urwelt der Schweiz*. Zürich, 1865.

646. Ecco il luogo opportuno di presentare il quadro, che ho altrove (§ 639) promesso al lettore. Jansen, ufficiale della marina olandese, stazionò lungamente negli arcipelaghi delle Indie orientali, intento soprattutto allo studio dei fenomeni atmosferici. Le osservazioni e i calcoli rigorosi dello scienziato sono sceneggiati col pennello dell'artista, ed espressi colla lirica del poeta. Vi ho già attinto le più precise notizie sulle brezze di terra e di mare, e sulle cause che le producono.[1] I periodi seguenti, mentre dipingono al vivo l'accennato fenomeno delle brezze, sono alla mia mente un quadro fedele dei cieli, delle terre e dei mari nell'epoca paleozoica.

647. « Le brezze di terra e di mare, scrive Jansen, spirano ogni giorno sulle coste settentrionali di Giava. Quando lo splendido astro del giorno si leva verticalmente sul mare in un cielo senza nubi, una lunga colonna di fumo bianco, simile a quella di un vulcano, eleva il suo pennacchio verso il cielo, come un immenso mazzo di fiori, sporto all'aurora. Allora la dolce brezza di terra si trastulla sulle acque, e la sua frescura ricrea gli abitatori dell'onda amara. Tutta la natura si abbellisce e si sveglia. Al richiamo del giorno è rotto il silenzio della notte, e la natura scioglie l'inno mattutino così sublime, così espressivo. Tutto che vive, sente spingersi avanti sulla via che gli è tracciata, e in mille toni, in mille lingue, risuona il canto della preghiera....

» Il sole che ascende la via de'cieli, li inonda di splendori abbaglianti. La brezza di terra varia; infine spira l'alito estremo, e tutto riposa nella calma e nel silenzio. Tutto, eccetto l'atmosfera. Essa brilla, scintilla, si fa più leggiera sotto la vampa crescente dei raggi solari, che si riflettono nello specchio delle onde, e danzano nelle colonne tremolanti dell'aria, che si eleva.

» .... Le coste sembrano avvicinarsi, quasi a far pompa dei loro vezzi al marinajo che veglia. Tutti gli oggetti si fanno più distinti, prendono un contorno più definito; piccole barche pescherecce vestono sul mare l'aspetto di grandi navigli.[2] I marinai, che navigano lungo le coste, ingannati dalla trasparenza dell'atmosfera e dal miraggio, si credono presso le coste, e attendono con ansia la brezza di terra, che li salvi dal periglio che appare imminente. Il ponte brucia sotto i loro piedi, e cercano invano un riparo dai raggi del sole, il cui calore li uccide; il riposo non dà refrigerio; penoso è il moto.

» Gli abitatori degli abissi, desti dagli splendori del giorno, si affrettano

---

1 *Dinamica terrestre*, § 426.
2 La trasparenza dell'aria è tale, che Venere si distingue in pieno giorno.

al lavoro. I mille coralli, i mille crostacei di quei mari attendono impazienti la brezza di mare, che, riattivando l'evaporazione, appresta loro i materiali necessarî alla costruzione de'loro pittoreschi edificî. Essi li vanno elevando e ripulendo con tale un'arte, che per nulla invidia l'arte dell'uomo....

» Quando il sole si approssima allo zenith, e il suo globo di fuoco si libra sul mare di Giava, l'aria sembra colpita da un sonno magnetico: come un magnetizzatore sforza l'addormentato ad ubbidire a' suoi ordini e a camminare, così la brezza di mare, arrestando l'aria nel suo moto ascendente, la sforza a rispondere al richiamo della terra. Quel moto verticale dell'aria sembra piegarsi difficilmente a divenire orizzontale. Una falsa brezza folleggia a sbuffi da lontano; appare e dispare, strisciando di nero lo specchio brillante del mare. Ma infine si fa, si avvicina.... è la brezza di mare sospirata tanto....

» Il sole discende sull'orizzonte. Le nubi si levano su tutta la contrada; il tuono brontola in seno alle montagne, ripercosso d'eco in eco; i lampi solcano incessanti le nubi.

» Infine il signore del giorno scomparo... E vento e mare, tutto rientra nel silenzio. L'aria è sul mare più chiara e leggermente nubilosa, mentre sulla terra è densa e nera... Il tempo si fa incerto e minaccioso. Dal seno delle nubi, che si affrettano a far di giorno notte, scoppiano colpi di tuono. La pioggia si riversa a torrenti dalle montagne, e le nubi hanno a poco a poco invaso tutto il cielo. Ma bentosto il vento succede alla calma..... La brezza di terra arriva, dapprima debole, più forte dappoi, e dura tutta notte.... »[1]

648. Se avete ben rimarcati i particolari di questo quadro stupendo dipinto da Jansen, avrete veduto ad un tempo come si conciliano i fenomeni più opposti; come anzi gli uni siano necessariamente conseguenti degli

---

[1] JANSEN in MAURY, *Géographie phisique de la mer*, Cap. IV. Col fenomeno qui descritto delle brezze della terra e di mare ha molta analogia quella che si verifica da noi nella più calda stagione. Anche da noi, sui versanti meridionali delle Alpi, la *brezza di mare* (*breva* nel linguaggio degli abitanti dei laghi lombardi) si leva verso mezzodì, spirando approssimativamente da sud a nord, o meglio seguendo il cammino naturale, che le è aperto dalle valli, venendo dal mare. Il cielo è limpido, l'aria trasparente, il caldo forte, ma senz'afa. Verso sera calma. Le montagne si sono caricate di nubi, prima soffici, trasparenti, poi dense e nere. In seno alle nubi guizzano i lampi. Il temporale si stacca dalla regione de' monti, preceduto da soffi turbinosi di vento e da nembi di polvere, e si avanza verso il piano, ripiegandosi in pari tempo, e secondando la cerchia delle Alpi. La pioggia cade a torrenti. Qualche ora dopo perfetto sereno, poi notte stellata. Il vento soffia dai monti (*brezza di terra*): è il *tivano* de' lombardi, che spira fresco e vivace sino alla mattina, finchè muore sotto la calma, che è d'un sereno abbagliante. Vi sono delle estati in cui i fenomeni dei temporali serotini, dopo un giorno caldo e sereno, si ripete con tanta regolarità, e per una così lunga serie di giorni, che veramente possiam crederci trasportati a Giava.

altri. Noi abbiamo, in quei mari, in quelle terre tropicali, luce, calore, aria calda, limpida, secca, avida di umidità, di cui appunto non può saturarsi se non è calda, limpida, secca. La vita vi ferve al parossismo; le correnti aeree, mentre apprestano i vapori, che, conversi in pioggia, devono favorire lo sviluppo della vegetazione terrestre, promuovono immensamente, condensando i sali, lo sviluppo degli animali marini. I venti si alternano quotidianamente colle calme; ai sereni sfolgoranti del giorno succedono gli orrori tempestosi della notte; alle arsure del deserto, le pioggie fecondatrici:[1] e d' un magistero così mirabile di compensazione, rettore sovrano è il sole, che si verrebbe quasi straniero alle tropicali meraviglie dell'epoca paleozoica. L' isola di Giava è per me, lo ripeto, una delle più belle rappresentazioni di quelle grandi isole ove si accatastavano le foreste carbonifere. Se Jansen ci descrisse le vicende atmosferiche, provocate dalle vicendevoli reazioni della terra e del mare, sotto l' influenza d'un sole tropicale; altri viaggiatori ci descrissero i particolari di quella fantastica terra. Tutte le meraviglie delle regioni tropicali vi sembrano concentrate. La sua flora è quanto di più ricco, di più svariato possa presentarsi alle contemplazioni del botanico. I tamarindi, la *rosamala*, i pini dalle gemme odorose, i lauri, i *palagrar* dell'altezza di 150 piedi, le canne di zucchero, il bambou del diametro d'un piede e dell'altezza di 35, le palme, le *toxicaria* alte 80 piedi, le liane, potrebbero bene, in eguali condizioni, far le veci delle *Sigillaria*, delle *Stigmaria*, delle *Calamites*, dei *Lepidodendron*. Le felci arboree dei terreni carboniferi, forse appena sosterrebbero il confronte colle felci arboree di Java, alte 80 piedi. Fiumi navigabili solcano l'isola in tutti i sensi. Che più? la costa settentrionale è piana, sabbiosa, fangosa, fiancheggiata da basse terre, o isole, formate dalla dejezione delle correnti, e risponde all' ideale di quelle maremme ove, come vedemmo, cresceva la flora carbonifera. La parte sud-est era, a quel che si rileva, una vergine foresta, abitata da orde di tigri. Fu coll'accetta alla mano, che le colonie riuscirono ad aprirsi la via, entro un paese quasi impenetrabile. Durante la stagione delle pioggie i fiumi rigurgitano, i campi, i piani sterminati si convertono in vasti laghi. Deve esser ben vasto quello che meritò il nome di Buiten Zee (mare interiore). Le pioggie, scrive Humbolt, sono in media le tre e le quattro volte più abbondanti che nelle zone temperate. Se Giava sia la terra delle acque, lo dica il riso, uno dei

[1] Aggiungasi che Giava è compresa nella gran zona de' *mussoni* asiatici, per cui una lunga stagione di pioggie e una stagione, parimenti lunga, di sereno, s' alternano sugli opposti versanti dell' isola. D' estate il mussone a sud-ovest porta le pioggie sui versanti meridionali dell' isola; d' inverno il mussone nord-est irriga i versanti settentrionali. Ciò risulta anche dalle osservazioni di Gentil, citato da Marmocchi (*Geografia*, vol. III, p. 136).

principali prodotti del paese, che dopo aver dato alimento a tutta quella densa popolazione, lo dà a un attivo commercio di esportazione. Nel 1835 se ne esportarono 36430 koyang (sono circa 60 milioni di chilogrammi). E tutto questo spettacolo di foreste, di fiumi, di laghi, di paludi.... in un clima tropicale, in mezzo a un oceano di coralli, a tutto splender di sole, sotto un cielo di bronzo!

649. Ora che Wünsch descrisse i letti carboniferi alternanti con letti di ceneri vulcaniche di quell'epoca antichissima del globo, nulla mancherebbe a sostenere il parallelo tra le antiche terre carbonifere e Giava; dove i 45 vulcani sono là pronti a ripetere le orribili scene che sparsero il terrore e la desolazione nell'isola; a seppellire gli ubertosi campi, le dense foreste, sotto torrenti di lava e di fango, sotto diluvî di ceneri, come avvenne, nell'epoca paleozoica, sulla plaga ora formante l'isola di Arran.[1]

650. « Quali erano le condizioni della animalizzazione durante le epoche primitive? » Ecco la quarta domanda che ci siamo fatta. Io credo di aver detto abbastanza perchè il lettore si formasse un'idea della animalizzazione dei mondi primitivi. Abbiam veduto quale sia il punto di partenza, quale il punto a cui si arresta il regno organico. Per quanto gli animali primitivi differiscano dagli attuali, la differenza non è tale che non si possa stabilire un confronto tra gli uni e gli altri. Risulta che, in fondo, gli animali primitivi esigevano le stesse condizioni degli animali viventi, e le trovarono ne' mondi primitivi, se di fatto vissero e prosperarono. Anch' essi, come i viventi, abbisognavano di limpidi cieli, di aria pura, rimutata dai venti di terre e di mari. Secondo la loro diversa natura si ebbero poi littorali rocciosi, sabbiosi, fangosi, o profondi e liberi mari. Infine io credo che le condizioni dei mondi primitivi erano tali, che gli animali attuali vi avrebbero vissuto e prosperato. Se vogliamo che la nostra domanda esprima esigenze maggiori, ci troviam presto nel caso di avere piuttosto dei quesiti da proporre che delle risposte da dare.

651. Come spiegare infatti le vicende di quelle faune primigenie? I mondi primitivi sono ad un tempo regni di vita e regni di morte. Mille generazioni successivamente appajono e scompajono. Nè parlasi di specie; ma di generi, di famiglie, di classi. Come ora vediamo scorrere il fiume delle generazioni, che si succedono senza posa di padre in figlio; così allora si rimutarno le faune e le flore del mondo. Il mondo almeno venti volte vide lo sterminio totale, e il radicale rinnovamento de' suoi abitatori. Dalle ceneri dell' estinta sorge una nuova generazione. In essa rivivono in parte, sotto altre forme specifiche, i tipi estinti; ma alcuni giaciono,

[1] WÜNSCH, *Trans. of Geol. Soc. for Glasgow*, 1866.

spenti per sempre, e sono sostituiti da nuovi tipi, sconosciuti ai mondi che precedettero. Ma il regno organico si dilata. Se perde cento, guadagna mille: e il nuovo guadagna sempre rapidamente, mentre rapidamente il vecchio decrosce. Questa vicenda di vita e di morte, questo continuo rinnovarsi degli abitatori del mondo non cessa col chiudersi dell'epoca paleozoica. Altri mondi ci separan dai mondi primitivi, e vedremo come la misteriosa vicenda non ebbe mai nè fine, nè sosta. Intanto se confrontiamo il mondo attuale coi mondi primitivi, le primitive generazioni colla generazione vivente, che ci rimane di quei mondi, che rappresentano forse i $^9/_{10}$ del tempo della animalizzazione del globo? delle specie che vissero allora, nessuna! Si spensero gruppi, famiglie, classi..... Infine, tarde e oscure reminiscenze dei mondi primitivi, non ci rimangono che 16 generi, tutti, badate bene, appartenenti alla classe de' molluschi. Sono essi i seguenti:

Cefalopodi	*Acefali*	*Brachiopodi*
Nautilus.	Nucula	Lingula
Gasteropodi	Leda	Discina
	Solemya	Rhynchonella
Pleurotomaria	Pinna	Terebratula
Dentalium	Avicula	Crania.
Chiton.	Pecten	
	Ostrea.	

652. Quali sono le cause di quella meravigliosa vicenda? Come mai l'impero organico, perdendo tante faune e tante flore, dilatossi sempre, sicchè attualmente è più che mai ricco di specie, di generi, di famiglie, d'ordini, di classi? È un mistero! ma se mai ci verrà dato di levare un lembo del fitto velo, in cui ancora si avvolge, sarà quando conosceremo almeno quanto ci dice la scienza circa lo svolgimento del mondo organico e del mondo inorganico dall'epoca protozoica fino a noi.

653. Alla quinta domanda: « Quali fossero le condizioni interne del globo nelle epoche primitive? » risponderemo brevi parole. La terra, agitata da un palpito interno, era in preda a continue oscillazioni. Anche allora i vulcani e tutte le secondarie manifestazioni della vulcanica attività accusano quella vita interna, che al presente si manifesta in ogni angolo all'esterno. Spetta all'*endografia* il completare le prove, che pure non scarse ci son date dalla *stratigrafia*, quando ci addita gli strati sollevati e contorti, e l'alternarsi le cento volte sulle aree stesse i mari e le terre, i bassi fondi e le profondità dell'oceano.

654. La stratigrafia però basta da sola a rispondere alla sesta ed ultima domanda: « Quale fu il risultato finale delle oscillazioni terrestri nelle pri-

mitivo epoche del globo? » In seguito alle continue oscillazioni della superficie terrestre, effimere terre appajono o scompajono; i letti marini si rimutano in alti o bassi fondi; i liberi mari si alternano colle coste, e coi mari interclusi. Ma in fine tutto scompare; le terre sono tutte inghiottite dal mare, e gli antichi fondi sono, sotto nuovi fondi, sepolti. Ai terreni antichi si sovrappongono i moderni; e a noi sarebbero rimasti ignoti per sempre quegli antichi mondi, se, in tempi a noi molto vicini, il sollevamento delle nostre aree continentali non avesse rialzato o messo a nudo gli antichi strati, evocando dalle tenebre secolari le spente generazioni. Le epoche primitive furono adunque epoche di continue oscillazioni; ma il risultato finale fu un abbassamento delle nostre aree continentali. Così un nuovo mondo era pronto a ricevere la nuova generazione, colla quale incomincia l'epoca mesozoica, di cui ci accingiamo a compendiare la storia.

CAPITOLO XIX.

TRIAS O TERRENI TRIASICI.

EPOCA PRIMA DELL'ÈRA MESOZOICA.

655. Abbiamo veduto come l'*èra mesozoica* s'innesta, per dir così, sulla *paleozoica*, mediante il *permiano*, che nella sua fauna già tiene un qualche cosa dell'epoca seguente. Ma i caratteri della nuova èra non appajono spiccati nettamente che nel *trias*, e più ancora si sviluppano nel *giura*, per completarsi nella *creta*, cancellandosi quasi ogni traccia, ogni memoria degli antichi mondi, per dar luogo a un mondo affatto nuovo.

Pochi anni or sono l'epoca triasica, la prima dell'èra mesozoica, appariva quasi come una vasta lacuna nella storia della animalizzazione. Ora non è così. L'epoca del trias è anch'essa una grand'epoca: un'epoca di grandi rivoluzioni telluriche, e di progressivo sviluppo dei regni organici.

« La scoperta di un intero gruppo di terreni, tra il Muschelkalk e il Lias a *Gryphæa arcuata* nelle Alpi del nord o del mezzodì, è, per mio avviso, la più grande conquista della geologia moderna. E tale conquista è dovuta, per la massima parte, ai geologi austriaci; è uno dei più brillanti successi, che resero in breve sì famoso l'Istituto di Vienna.

» La geologia sistematica, basata quasi esclusivamente sulla stratigrafia dell'Inghilterra, della Francia, delle regioni germaniche più discoste dalle Alpi, e più recentemente sulle ricerche negli Stati-Uniti dell'America del nord, era ben lungi dall'attribuire all'epoca triasica, piuttosto intravveduta che esplorata, quell'importanza per cui reggesse a petto delle epoche paleozoica, giurese, cretacea o terziaria. Ebbimo già occasione di far sentire il perchè gli studi ostinatissimi nelle Alpi principali condussero piuttosto a dispute sanguinose, che a conclusioni scientifiche. [1] Un po' di

[1] Si allude alle dispute, a cui diede luogo il fatto così malamente interpretato della apparente associazione delle piante carbonifere alle belemniti liasiche (§ 527-533). Una volta ammesso, che i terreni paleozoici delle Alpi appartenevano al lias, non si poteva più certamente pensare a far ricerca del trias. Fu quella una deplorabile confusione, che ritardò di forse mezzo secolo i progressi della geologia alpina.

Muschelkalk, e del resto i deserti dei *grès bigarrés* e delle *marnes irisées*, ecco ciò che, dell' epoca triasica, ci presentava la geologia sistematica. A tanti reclami della paleontologia, in mezzo a tanta monotonia di sedimenti e a tanta povertà di fossili rispose appena il San Cassiano. Ma era possibile che tutta la fecondità della terra si esaurisse nella produzione di quella fauna pigmea?

» La geologia sistematica appena fa le viste di accorgersi di tante scoperte. Le teoriche formulate da H. de la Bèche, da L. de Buch, da E. de Beaumont, ecc., secondate da una vera febbre di indagini geologiche, furono, più o meno sistematicamente, tradotte nelle opere elementari, e sparse, specialmente da Lyell in Inghilterra, da A. d' Orbigny e da Beaudant in Francia, da Leonhard in Germania, da Collegno e Pilla in Italia, da Dana in America; mentre cresceva come parzialità, e quasi come eccentricità, il sistema di Quenstedt, seguito dai geologi della Baviera e della Svezia. La geologia sistematica progredì nella specificazione dei terreni *paleozoici*, *giuresi*, *terziari* e *quaternari*; ma l' epoca triasica è da lungo tempo condannata a mortale stazionarietà.

» Appena nelle opere elementari di tutta attualità, o nelle più recenti edizioni di esso, cominciano a far capolino le nuove idee; ma le questioni d' un interesse universale per la scienza hanno ancora l'aria di questioni private, di impercettibili parzialità.

» I giovani studiosi non sanno ancora che è d'uopo rompere la convenzione, per cui una immensa, variissima epoca del globo, era strotta nelle angustie di una triade che non ha più senso; che tra il *Muschelkalk* e il *Lias* vanno distinti almeno sette gruppi grandiosi, cinque triasici e due infraliasici, i quali possono già in parte, e in parte potranno, essere scomposti in una più numerosa serie di gruppi secondarî, ricchi ciascuno di una fauna parziale, nuova, interessantissima. »[1]

656. I precedenti periodi, da me scritti nel 1865, furono qui riprodotti, affine di richiamare tutta l'attenzione del lettore sopra un'epoca che giacque finora, troppo più delle altre, nelle ombre, o a cui la luce maggiore deve derivare dalle Alpi, primario campo ove dovrebbe esercitarsi il geologo italiano. Veniamo ora alla storia dell'epoca. I tedeschi, che ebbero la sorte di trovare divisibili, almeno in tre sezioni, i terreni compresi tra il lias e i terreni paleozoici, li raggrupparono sotto il nome di *trias*, che si tradurrebbe triade, gruppo triplo. Distinguevano diffatti nel trias i seguenti tre gruppi, che io vi ripeto nelle diverse tre lingue, essendone volgarissimo l'uso presso gli autori. Sono ordinati in serie discendente.

[1] A. Stoppani, *Paléontologie lombarde*, 3e série, pag. 215.

ITALIANO	FRANCESE	TEDESCO	INGLESE
Marne iridate	Marnes irisées	Keuper	Saliferous beds
Calcare conchigliaceo	Calcaire coquillier	Muschelkalk	or
Arenaria variegata	Grés bigarré	Bunter Sandstein	New Red Sandston

657. Il nome di *trias* ha ora, più che altro, un valore convenzionale. Risponde però ancora abbastanza bene alla divisione in tre gruppi; essendo che tutte le posteriori scoperte, le quali però reclamano una più distinta ripartizione del trias, furono fatte negli strati superiori al *Calcare conchigliaceo*, cioè nella parte corrispondente alle marne iridate; per cui le nuove zone si possono mantenere unite in un sol gruppo, a cui, del resto, non manca il legame delle affinità paleontologiche, o della communanza di molte specie. Distinguo dunque il trias in *superiore*, *medio*, *inferiore*, come si legge sulla *Tavola sinottica dei terreni*, a pag. 161. Il *medio* e l'*inferiore* corrispondono esattamente alle antiche divisioni di *Calcare conchigliaceo* (Muschelkalk), e di *Arenaria variegata* (Bunter-Sandstein). Il *superiore* è diviso in cinque zone, che più presto meriterebbero il nome di gruppi, ciascuno pari in valoro ai due sottoposti.

658. Lo spessore massimo, assegnato da d'Orbigny ai terreni triasici, è di 720 metri: possiamo averne da 2500 a 3000 nelle nostre Prealpi.

659. L'estensione del trias è immensa. Non v'ha regione d'Europa in cui non si mostri sviluppatissimo. Nella Gran Bretagna si stende da nord a sud, sopra tutta la lunghezza dell'Inghilterra, della Scozia e dell'Irlanda. Si mostra attorno all'altipiano centrale de' Pirenei, nel Var, in Normandia, ed è sviluppatissimo ne' Vosgi. Occupa vaste plaghe della Russia, della Moravia, della Polonia, della Boemia, del Tirolo, e segna una zona di immenso sviluppo nelle Alpi, d'onde si spinge nella Toscana, nelle Isole del Mediterraneo, e probabilmente nell'Italia meridionale e in Sicilia. D'Orbigny lo vide coprire vaste superficie nella Bolivia, e lo cita nella Colombia, nelle Grandi Antille, nel Messico. Il trias del Nord-America, secondo Dana, occupa due distinte regioni: 1.° una regione littorale dell'Atlantico, tra gli Appalachian e le coste; 2.° una regione interna occidentale, in parte sopra i fianchi dei monti di Roccia.

660. In Asia, come a Burdwan nel Bengala occidentale, e nei dintorni di Nagpur nel Dekkan (India), scopronsi estesi letti di carbon fossile. Così vaste superficie ne furono scoperte nella New South Wales in Australia. Le flore di quelle diverse località non contano, dice Dana, genere alcuno che sia speciale al terreno carbonifero, mentre contengono *Cicadee* ed altre piante, che le avvicinano alle flore triasiche o giuresi. A preferenza si devono ritenere triasiche, perchè gli strati d'Australia contengono pesci *ganoidi eterocerchi* (pesci a coda eterocerca, in cui, cioè, la colonna ver-

tebrale si prolunga nel lobo superiore della coda), famiglia di pesci, la quale si tiene al disotto dei terreni giuresi. Più a Mangali, sessanta miglia da Nagpur, hanvi altri letti con *ganoidi omocerchi* (aventi la coda come i pesci ordinari), che in genere si ritengono più recenti del trias; ma in quegli stessi strati scopronsi reliquie di *Labyrinthodon*, rettile triasico per eccellenza, come vedremo.

Nella sua povertà può dunque la scienza attuale già attestare, che il trias si estende, su larga scala, a tutti i continenti; sicchè nell'epoca triasica gli attuali continenti non erano rappresentati, tutt'al più, che da alcune isole paleozoiche.

661. Osservati dal lato della litologia, i terreni triasici presentano, in genere, una singolare omogeneità di formazione, e, al tempo stesso, la più strana singolarità di caratteri chimici. Sotto questo rapporto è tipico il trias d'Inghilterra. Lo si volle dividere almeno in due zone, che corrispondessero alle *marne iridate* e all' *arenaria variegata;* ma in realtà trattasi di un solo ammasso di fanghi, di schisti e di grès, tinti ordinariamente di un rosso vivo, con macchie cilestrine, verdi, gialle. I primi geologi inglesi non seppero dare a tutta quella massa, considerata come una sola formazione, che il nome di *nuovo grès rosso*, per distinguerla dall'*antico grès rosso* (devoniano), affatto somigliante al primo pe' caratteri mineralogici, ma che è compreso nei terreni paleozoici. L'assenza, o almeno l'estrema povertà, delle sostanze calcaree, e la vivacità del colore pongono la nuova formazione in singolare contrasto colle formazioni giuresi sovrincombenti. Gli stessi caratteri distinguono il trias in Francia, specialmente ne' Vosgi, dove abbiamo un'alternanza di straterelli argillosi, marnosi, arenacei, rossi, gialli, azzurri, verdi, ecc. In Germania, giunge opportunamente a dividere la massa, creando tre orizzonti in luogo di un solo, il *calcare conchigliaceo;* ma, per distinguere le differenze litologiche, tra le formazioni superiori e inferiori alla zona calcarea, non si seppe trovar di meglio che i quasi sinonimi di *marne iridate* per le prime, e di *arenarie variegate* per le seconde. Anche nelle Alpi italiane, dove le forme calcarea o dolomitica pigliano un deciso sopravvento, le marne e le arenarie, o, meglio, i fanghi rossi, verdi, gialli, con tutte le gradazioni di colorito, non mancano di segnare un orizzonte nel trias superiore; salvo il ripetersi, nel trias inferiore, sotto forma di schisti argillosi verdi, rossi, di arenarie e di puddinghe rosse, o, meglio, di arenarie variegate.

662. È singolare che, a distanze così enormi, quali separano l'Europa dall'America del Nord, la somiglianza litologica accusi la somiglianza degli influssi, sotto i quali si produssero le formazioni triasiche. Anche là sono, generalmente, schisti, conglomerati, arenarie rosse. Vi si insinuano,

accidentalmente, banchi di calcare impuro, e, nella Carolina del Nord, letti di carbon fossile bituminoso, simile a quelli del terreno carbonifero. Nel Connecticut Hitchcock segnala la serie seguente:

1.° Arenaria a letti potenti, e talora conglomerato;

2.° Arenaria micacea con schisti e arenarie finissime;

3.° Conglomerato grigio, grossolano.

Il materiale n'è rapito evidentemente alle roccie cristalline (granito, gneiss, micaschisto), su cui le formazioni triasiche riposano. Lo spessore complessivo non resta al disotto di 3000 piedi, e può, con poca tema di errare, ritenersi anche il doppio.

663. Le specialità litologiche del trias non sono meno interessanti delle generalità. I terreni del trias segnano il più vasto orizzonte del gesso e del salgemma. Gli è perciò che il trias, segnatamente il superiore, è indicato anche coi nomi di *formazione salina* (*Saliferous beds* degli Inglesi, *Saliférien* di d'Orbigny). Al tempo stesso si ripetono, benchè a enormi intervalli, in tutta l'immensa estensione del trias, depositi più o meno considerevoli di carbon fossile. Abbiam già citato i letti di carbon fossile nel trias della Carolina del Nord, dell'India o dell'Australia. Alberti divide il *Keuper* del Würtemberg in grès, *gesso*, e argilla schistosa, *carbonosa;* ma il salgemma è associato al *Muschelkalk*. Sono famosi i depositi di Salgemma a Vic e Dieuze in Francia, ove gli strati di puro sale hanno 7 e fin 10 metri di spessore. Essi appartengono alle *marne iridate;* alternano con marne, gessi, anidrite, tanto che su 650 piedi di roccia si contano 180 piedi di salgemma. Anche ne' Vosgi gli strati sono frequentissimamente riempiti di salgemma; spesso di gesso e, qualche rara volta, di carbon fossile. Anche in Inghilterra sono frequenti, allo stesso orizzonte, il gesso e il sale, nel Cheshire e nel Lancashire. Due banchi di salgemma a Nortwich (Cheshire) sommano da 90 a 100 piedi di spessore. Nel Giura le sorgenti salate, utilizzate con successo, escono dal trias. Nelle Alpi è scarso il salgemma; ma in sua vece abbonda il gesso. Molte masse di gesso, isolate, si allineano, a mo' di rosario, lungo le falde delle Prealpi (Volpino, Dossena, Cremeno, Limonta, Nobiallo, ecc.). Io trovai sempre queste masse associate alle roccie aventi l'indole delle marne iridate (strati Raibl, o di Gorno e Dossena), o almeno alle confinanti. Ciò verificasi del pari delle potenti masse gessose della Valtellina, della Tarantasia, della Maurienne, delle Alpi del Piemonte, ecc.

664. Così ai caratteri di una formazione eminentemente detritica (fanghi, arenarie, conglomerati) si associano quelli di una formazione chimica, che noi riscontriamo, non solo nella generale associazione del gesso e del sale, ma anche nella vivacità e nella varietà del colorito; ci troviamo di

più, almeno parzialmente, i caratteri di una formazione organica, nei letti di combustibile, parcamente sì, ma universalmente associati ai terreni triasici dell'Europa, dell'Asia, dell'Australia, dell'America.

665. La presenza però di letti di combustibile in tante località del globo non menoma punto nè l'universalità, nè l'importanza di un altro fatto, che si raccomanda all'attenzione del lettore. Non tenendo conto delle località poco note dell'India e dell'Australia, e prescindendo dalle Alpi, e dalla zona del *calcare conchigliaceo* di Germania, ove si direbbero conservati gli archivî dell'animalizzazione del globo in quell'immenso periodo della sua storia, si può paragonare il trias ad uno smisurato deserto, dove è spenta la vita. La similitudine ha un valore quasi letterale, sopratutto se parliamo della vita marina, la quale, d'ordinario, è la sola di cui possa occuparsi la scienza nelle altre epoche del globo. Infatti i letti di carbon fossile, i vegetali fossili, che incontransi più universalmente nei terreni dell'epoca, e le copiosissime impronte d'animali, di cui discorreremo bentosto, accusano, più che altro, una vita terrestre. Del resto le grandi masse, riferite alle marne iridate ed all'arenaria variegata in Inghilterra, in Francia, dovunque in Europa, sono, quasi letteralmente, prive di fossili. Osservate il *Prodrome de paléontologie stratigraphique universelle*, ove A. d'Orbigny intese di offrire uno specchio di tutte le faune fossili degli animali inferiori (salve eccezioni, fossili marini e d'acqua dolce); e vedrete che la fauna del *Saliférien* (trias superiore) e quella del *Conchylien* (trias inferiore), che dovrebbero essere l'espressione di tutta l'animalizzazione del globo nell'epoca triasica, si riducono quasi letteralmente, l'una alla fauna fossile del villaggio di San Cassiano nel Tirolo, l'altra alla fauna del *Muschelkalk* in Germania.

666. Intesi, per ora, alla semplice esposizione dei fatti, in cui si risolve la cronologia del globo, non vogliamo occuparci delle ragioni di una tale desolazione dei mari triasici. È però evidente che esse risiedono specialmente, come fu già da altri osservato, nella natura stessa dei sedimenti. Ove si radunava in tali masse il solfato di calce, mentre scarseggiava in proporzione il carbonato; ove si concentrava il sale in depositi così importanti; ove i fondi marini erano così intensamente, e variamente, colorati da agenti chimici, specialmente dal ferro; troviamo quanto vi ha di più ripugnante, anche in oggi, alla prosperità degli animali.

667. La cosa riesce evidentissima, se si osservano le Alpi e specialmente le Prealpi lombarde, le quali possono invece definirsi come un *oasis* nel deserto del trias. Anche qui, come ho detto, abbiamo una zona di marne e di arenarie varicolori; ma misti, intercalati a quelle roccie varicolori, abbiamo calcari, calcari arenacei, marne calcaree. Or bene,

nella stessa zona, nelle stesse località, tosto che appajono il rosso, il verde, il giallo, caratteristici delle roccie del Keuper, immediatamente scompare la vita: al riapparire dolle calcaree compatte, arenacee, marnose, coi colori ordinari, ripullula la vita, e un' intera fauna marina si dispiega.

668. L'America del Nord dilata immensamente i confini dei deserti del trias. Dana, che vi mostra il trias distribuito in due grandi regioni (§ 659), osserva pure come esso vi presenti questi due fatti caratteristici.

1.° Scarsezza somma di indizî di vita marina nella *regione littorale atlantica;*

2.° Salvo qualche legno fossile, e alcuni avanzi di rettile, completa assenza di vita nella *regione occidentale interna.*

Partendo dai dati paleontologici, di cui prenderemo cognizione più tardi, giungo egli pure alla conclusione: dipendere il duplice fenomeno dalla natura dei sedimenti, o, meglio, se vuolsi, dalle condizioni degli ambienti: poichè la *regione littorale atlantica* esser doveva un paese di bassi fondi, di acque dolci o salmastre; mentre la *regione occidentale interna* era occupata da un mare interno, ossia da un Caspio, salato in ecccsso.

669. Dopo quanto s'è detto sulla sterilità del trias in genere, il lettore non si attenderà sicuramente di udir meraviglie della fauna triasica. Eppure, vuoi per la straordinaria scoperta di innumerevoli impronte fisiologiche nell'America, vuoi per la ricchezza delle zone fossilifere dello Alpi e della Germania, la fauna triasica giunse a rivelare la sua particolare fisonomia non solo, ma osa già gareggiare, in bellezza e varietà, colle faune dei terreni più fecondi. Incomincio da qualche nozione su quanto vi ha di più sagliente in essa fauna, presa nel suo complesso, riserbandomi poi di accennare le specialità di ciascuna zona.

670. *Amorfozoari.* — Se fosse lecito pigliar misura da quanto si osserva nelle Prealpi lombarde, io direi che, come i terreni paleozoici sono il regno de' crinoidi, così i terreni del trias sono il regno delle spugne. Ricchi di spongiari sono infatti gli strati di San Cassiano; ma quegli organismi isolati non hanno nulla a che fare colle masse enormi di organismi spongosi, ove l'individualità è fusa in un tale complesso, da non trovare nella natura attuale altra analogia, che nei celebri banchi di coralli, costituenti isole e regioni sottomarine. Sostituite soltanto ai coralli le spugne. Basti riprodurre qui in breve ciò che io scrissi della *Evinospongia cerea.* [1] Questo strano organismo presenta un complesso amorfo, in masse enormi,

[1] *Paléont. lomb.,* 1° série, pag. 127.

sessili, esteriormente tuberose, a lobi e monticoli, a superficie granulosa, quasi testacea. L'interno consta di fibre aciculari, finissime, serrate, che formano, colla loro concrezione, il tessuto esterno, non altro che una lamina sottile porosa. Le lamine così formate si avviluppano a vicenda, formano sferoidi e bulbi, modificati in mille forme dal mutuo contatto. Le fibre interne si dispongono, in serie regolari, attorno a un meato centrale, o a un canale lineare parallelo alle lamine esterne che con loro si svolge in forme labirintiche. Il tutto forma una massa fibrosa, densa, compatta, che lascia solo, tra i punti di contatto dei diversi lobi, delle cavità angolose o arrotondate.

671. Per formarsi un'idea del descritto organismo, bisognerebbe osservarlo in posto, essendo impossibile dipingere quel complesso grandioso, che si rivela in tante bizzarre sezioni, in tanti indefinibili aggruppamenti, negli infiniti accidenti che si rimutano continuamente sulla superficie di strati, che si accompagnano per miglia o miglia. Presa ne' particolari, l'*Evinospongia* ha molta analogia colle *Tethya* e co' *Tragos*, spongiarî viventi, costituiti da fibre aciculari, chiuse entro una lamina corticale. Le *Tethya* formano delle masse sferoidali, isolate, di forma complessivamente ben definita. I *Tragos* invece costituiscono delle masse enormi, e assolutamente amorfe; ma anch' essi sono ben lontani dal presentare lo sviluppo della nostra *Evinospongia cerea*, che fusa, per dir così, in tutta l'immensa massa dello calcareo d'Esino, di là serpeggia, o si dilata, fino alla sommità della Grigna, occupando quasi per intero due formazioni, il cui complessivo spessore non è certo lontano dai 1500 metri. Lateralmente poi, e allo stesso livello, io la trovo in quasi tutta la Lombardia. La piccola catena del Monte Vaccio, tra la Valcamonica e la Val di Scalve, n'è quasi interamente formata. Essa sembra poi ripetersi anche a livello inferiore, per esempio nella *Dolomia di San Defendente* e *di Sasso Mattolino* (dintorni d'Esino), dove si osservano altre specie molto somiglianti, tra cui ne scopersi una, abbondantissima, che si individualizza, come le *Thetya*, in sferoidi isolati.

Fig. 63.
Encrinus entrocha
(Trias medio.)

Una delle particolarità dell'*Evinospongia* è quella di essere, come molti polipi e spongiarî, incrostante. Dilatando i suoi domini, avviluppava nelle sue spire quanti organismi trovasse, seppellendoli, compenetrandoli. Migliaja di conchiglie e di zoofiti trovai a Esino, impi-

gliati in quella spugna colossale, perfettamente intatti, quasi fossero stati soffocati in un bagno di liquida cera.

Non credo superflui i particolari riportati, dacchè nulla di somigliante trovai descritto in nessun libro di geologia, mentre trattasi di fenomeni importantissimi in rapporto alla storia dell'animalizzazione e all'influenza delle forze biologiche nella costituzione del globo.

672. *Coralli.* — Diversi coralli scopronsi nel trias alpino, fra cui primeggiano, per abbondanza, le *Montlivaultia* d'Esino e di San Cassiano. Nè mancavano in quei mari i veri banchi corallini. Indizi di uno d'essi scopersi ad Esino; o un vero banco di coralli (*Rhabdophyllia?*) rimarcai nei detti *strati di Raibl* sopra Lecco.

673. *Echinodermi.* — Abbonda il genere *Cidaris* negli strati di San Cassiano, ove si contano 20 specie di tali echinidi. Richiamo a proposito un carattere che distingue il trias dai terreni più recenti; ed è l'assenza completa degli echinidi irregolari nel trias non solo, ma in tutti i terreni più antichi di esso.

Tra i *Crinoidi* si scopre già, nelle zone superiori, qualche *Pentacrinus*; ma il genere predominante, esclusivo anzi al trias, è l'*Encrinus*, che riempie de' suoi dischi articolati tutte le zone fossilifere. Tipico è l'*Encrinus entrocha* (fig. 63), detto anche *E. liliiformis*. Gli è difatti un elegantissimo giglio animato, ritto sul lungo e gracile stelo. I calici di questa specie figurano tra le più ricercate petrificazioni del Muschelkalk di Germania.

674. *Brachiopodi.* — Tra i *Brachiopodi* distinguonsi ancora i generi *Spirifer*, *Lingula*, *Terebratula*; ma, escluso dai terreni superiori e dalla natura vivente, il genere *Productus* è l'ultimo ricordo di innumerevole famiglia, che vedemmo dominare gli antichi mari.

675. *Acefali.* — I molluschi *Acefali* figurano, come d'ordinario, tra i fossili più vari e più abbondanti. Nel trias si trovano le prime *Lima*, le prime *Gervillia*. Il genere *Myophoria* (conchiglia triangolare a denti lisci) vi abbonda in guisa, da esserne una delle migliori caratteristiche: non è però esclusivo al trias, come si pretese finora; qualche specie se ne scopre ancora nell'infralias. La figura 64 offre una specie degli strati di San Cassiano (Trias superiore).

Fig. 64.
Myophoria lineata
(Strati di San Cassiano).

676. Io ho riferito al genere *Gastrochæna* (il quale, secondo d'Orbigny, non comincia che coll'epoca giurese) certi fossili che, qualunque sia il loro valore generico, godono eminentemente quello di caratteristiche delle zone superiori del

trias alpino, e possono d'altronde illuminarci circa le condizioni di quegli antichi mari. Le *Gastrochæna* viventi sono conchiglie bivalvi, perforanti, come le foladi e le teredine. Anch'esse traforano lo roccie, i coralli, ed anche semplicemente il fondo sabbioso: contemporaneamente si formano, secretando una vagina calcarea, un tubo, che riveste le loro gallerie. Bisogna notare che delle conchiglie perforanti, non si scoprono, d'ordinario, allo stato fossile, che le gallerie o le vagine, la cui mole è le cento volte maggiore di quella delle conchiglie, da cui dipendono. Le *Gastrochæna* di Esino e del trias prealpino in genere, non sarebbero che tubi, ossia vagine di antiche specie sparse a miriadi nell'immenso spessore delle zone superiori. Limitandomi alla *G. obtusa* (fig. 65) presenta essa un tubo cilindrico, chiuso in guisa da formare, all'estremità posteriore, una calotta emisferica, a parete sottile. La superficie esterna è coperta di tubercoli microscopici assai fitti; l'interna, distinta in anelli. È meraviglioso a dirsi il numero immenso di questi organismi, e l'estensione da essi occupata. Le tre zone della dolomia di San Defendente (*strati di Hallstatt*), degli strati di Esino, degli strati a *Megalodon Gümbelii*, ne sono zeppe; sicchè la *G. obtusa* occupa uno spessore di oltre 1000 metri, dilatandosi, allo stesso livello, su tutta la Lombardia. Certamente si scoprirà, sotto gli stessi orizzonti, in tutto il trias alpino, poichè organismi affatto simili sono, benchè sotto altro nome, disegnati da Schafhäutl, come provenienti dal Zugspitz (Baviera). Vi sarà facile scernerne le sezioni annulari fin sulla superficie dei ciottoli dolomitici delle alluvioni.

Fig. 65. *Gastrochæna obtusa* Stopp. (Trias superiore.)

A. Tubo isolato.

B. Gruppo d'individui nella roccia.[1]

Lo sviluppo delle *Gastrochæna* è legato a quello delle *Evinospongia*. Dalle più recenti osservazioni mi risulta infatti, come l'*obtusa* e altre specie si scavassero le loro gallerie nella massa di quegli spongiari, nel modo stesso che le *Gastrochæna* viventi se le scavano nei banchi di corallo.

[1] Nella dolomia farinosa i tubetti sono talvolta distrutti, o si polverizzano nell'atto che la roccia si spezza. Rimangono allora i modelli interni, come nella figura *B*, che rivelano la forma interna del tubo, distinto in anelli.

677. Ma il genere d' acefali triasici più meritevole di osservazione è quello dei *Dicerocardium*, da me stabilito sull' esame di un gran numero di grosse conchiglie, proprie degli strati a *Megalodon Gümbelii* nelle Alpi lombardo-venete, che probabilmente abbracciano un orizzonte ancora più vasto. Io direi che i *Dicerocardium* stanno al trias come le *Rudiste* alla creta. Delle *Rudiste* parleremo a suo tempo. Havvi anche qualche affinità tra queste due eccezionali famiglie, come lo spessore del guscio a doppio strato, le false concamerazioni, la grossa mole e, più di tutto, la cerniera, in certa guisa isolata dalla conchiglia. Le *Rudiste* e i *Dicerocardium* costituiscono però due tipi affatto distinti. Il *Dicerocardium Jani*, la più bella, come la più commune delle specie, è una conchiglia di una grossezza enorme, potendosi assegnare ad alcuni individui un diametro di circa quattro decimetri; è simmetrica, regolare, composta di due valve, con enorme uncino, contorte a spirale conica, perfetta. Ciascuna valva si

Fig. 66 *Dicerocardium Jani* Stopp. (Dolomia a *Megalodon Gumbelii*.)

assomiglia così ad un corno d'abbondanza, e le due valve riunite presentano la forma di un cuore cornuto, quasi, se vuolsi, di una testa di antilope colle corna a spirale. Il guscio, d' uno spessore singolare, è composto di due strati sovrapposti, separabili facilmente; il superiore ruvido e disadorno, l' inferiore levigato, con morbide coste, scanellature e ondeggiamenti trasversali elegantissimi. La cerniera è formata da una lamina o barra, in rilievo, che, partendo dal vertice interno della conchiglia e sempre contorcendosi, viene a presentare una superficie triangolare, ove sono scolpiti i denti e le fosse, ossia l' ingranaggio per cui le due valve si muovono l' una sull' altra col chiudersi o coll' aprirsi della conchiglia. È quest' ultimo carattere, affatto straniero a qualunque genere di acefali, che crea nel *Dicerocardium* un tipo nuovo, in confronto colla vivente e

colle spente faune: nel complesso poi abbiamo una di quelle, direbbersi, bizzarrie, che valgono a improntare una fauna. Io ne descrissi tre specie, tutte appartenenti allo stesso orizzonte geologico. La figura 66 presenta il *Dicerocardium Jani* ridotto a $^1/_8$ circa della sua massima grandezza naturale. Il disegno a destra offre il davanti della conchiglia, dove le due valve si schiudono. La parte posteriore, dove le due valve si uniscono, per mezzo di un legamento, è presentato dal disegno a sinistra. Nella figura 67 le due

Fig. 67. *Dicerocardium Jani* Stopp.

valve del *Dicerocardium Jani* sono presentate staccate e aperte, in guisa che appare il cardine, co' suoi denti o colle sue fossette, sostenuto dalla barra in rilievo che si perde nell' interno di ciascuna valva.

678. *Gasteropodi.* Fra i gasteropodi abbondano singolarmente nel trias i generi *Chemnitzia*, *Natica*, *Stomatia*. Il genere *Nerinea*, serbato a tanto sviluppo nei terreni del giura e della creta, ha le sue radici nel trias.

679. *Cefalopodi.* — Fermiamoci alquanto ai *Cefalopodi*, i quali presentano, nella grande famiglia degli *Ammonitidi*, qualche cosa di così caratteristico dell' epoca triasica non solo, ma di tutta l'*êra mesozoica*, che basta una sola specie di essi, perchè sia posta in sicuro l'esistenza dei terreni mesozoici in qualunque più inesplorata regione del globo. Il confronto tra la famiglia degli *Ortoceratitidi*, che dominò i mari dell' êra paleozoica, con quella degli *Ammonitidi*, sovrana dei mari mesozoici, è, quanto si può dire, meritevole dell' attenzione del naturalista filosofo. Basti il dire che, se la *teoria della trasformazione delle specie* trovasse in ogni caso, come in questo, così consenziente la paleontologia, non si do-

vrebbe forse rassegnare sì presto ad avere, come le si minaccia, la peggio presso i naturalisti serî.

680. Abbiamo veduto come il tipo *Nautilus*, o meglio l'*Orthoceras*, che ne è l'espressione più semplice, sia, per dir così, il capo stipite di una progenie immensa, che moltiplicossi all'estremo, sotto le forme più svariate, durante l'*êra paleozoica*.[1] Quell'immensa famiglia si spense quasi tutta avanti l'aurora dell'*êra mesozoica*. Solo il tipo *Nautilus* sopravisse, direbbesi miracolosamente, all'eccidio universale, e si mostra ancora bello e vigoroso, benchè ridotto a due specie soltanto, nei mari attuali. La piccola *Spirula Perronii* direbbesi anch'essa un ricordo di quell'antica dinastia: del resto nulla.

All'êra mesozoica però il *Nautilus* non giunge solo della sua stirpe. Il genere *Orthoceras* prospera ancora nell'epoca del trias, ricco di vaghissime specie, e si spinge anzi col genere *Melia*, che è un *Orthoceras* a sifone dorsale, nel lias. Aggiungi il genere *Agadites*, che passa dai terreni paleozoici nel trias, ove si spegne. Ma, tenuto calcolo dell'immenso sviluppo degli *Ortoceratitidi* nei terreni paleozoici, non è troppo il dire, che quella famiglia si estinse nella seconda êra della animalizzazione del globo. Ma eccoti nella terza êra, cioè nell'êra mesozoica, il gran vuoto lasciato dagli *Ortoceratitidi* riempito ad esuberanza dagli *Ammonitidi*, una nuova famiglia, che, se per una parte sembra ripristinare l'antica, ripigliandone tutte le svariatissime forme, dall'altra se ne stacca interamente per certi caratteri anatomici, i quali, alla loro volta, si mantengono così costanti che nessuno commetterebbe l'errore di confondere il nuovo gruppo col vecchio, il gruppo degli *Ammonitidi* col gruppo degli *Ortoceratitidi*.

681. Il principale distintivo del nuovo gruppo consiste nella forma, che assumono le concamerazioni, o piuttosto le pareti, nell'atto che si innestano nella conchiglia esterna. Si direbbe che la natura lavorasse di lunga mano a preparare il nuovo gruppo, che doveva costituire uno dei più splendidi ornamenti dell'êra mesozoica, nella quale era pur destinato ad estinguersi, come il gruppo che lo aveva preceduto. Prendiamo, per esempio, un *Nautilus*, un *Orthoceras*, un *Lituites*,[2] tipi paleozoici. Le pareti, che dividono la conchiglia in tante camere o scompartimenti, sono semplicemente concavo-convesse, in guisa che le loro testate, visibili sovento nei fossili sulla superficie esterna della conchiglia, non disegnano che delle linee curve, o appena flessuose. Così è di tutti i cefalopodi paleo-

[1] Vedi la nota n.° 2 al § 316.
[2] Vedi le figure 18, 19, 21 al § 316.

zoici. Abbiamo però due eccezioni rimarchevoli: i generi *Goniatites* e *Aganides*, ricchissimi di specie, e paleozoici per eccellenza, in cui le pareti sono ripiegate in guisa, che sulla superficie della conchiglia disegnano già una serie di angoli, anzi un regolare ziz-zag, spesso molto risentito. Ma la forma delle pareti si complica, in questo senso, smisuratamente coi cefalopodi del trias. Il *Ceratites nodosus* (fig. 68) tanto caratteristico del trias medio, colle sue linee parietali, disegnanti un simmetrico vaghissimo ornamento sulla conchiglia, mostra al lettore in qual senso avviene quella, che si direbbe trasformazione della famiglia degli Ortoceratitidi nella famiglia degli Ammonitidi; trasformazione che progredisce a gran passi, e si compie nelle diverse specie del genere *Ammonites*, tipo della nuova famiglia.

Fig. 68. *Ceratites nodosus* (Muschelkalk)

682. Questo basta, perchè gli ammoniti, cogli ammonitidi, ossia coi loro generi affini, possano considerarsi come una grandiosa creazione a sè, di cui non fu riservato nemmeno un piccolo saggio nè all'epoca terziaria, nè all'epoca attuale.[1] La moltitudine delle specie, l'immenso sviluppo numerico, la varietà, bellezza, grandezza delle forme, rendono questo gruppo, quanto può dirsi, importante per la geologia. Il solo *piano neocomiano*, cioè il terreno inferiore della creta, vanta 86 specie di ammoniti, secondo d'Orbigny. L'*Ammonites* è una conchiglia discoidale, come il *Nautilus*, formante una spirale regolare, rotolata sullo stesso piano, a giri contigui. È concamerata come il nautilo, cioè distribuita in un gran numero di scompartimenti, o di loggie aeree, divise da altrettante pareti: ma le pareti, così semplici nel nautilo, sono qui così pieghettate, dentate, labirintiche, in guisa che i loro lembi, frastagliati

Fig. 69. *Ammonites Jason* Zieten (Kellovien d' Orb.)

[1] Naturalmente alle complicazioni della conchiglia, unica parte dell'animale che ci sia rimasta, dovevano corrispondere delle profonde modificazioni di tutto l'organismo.

in tanti *lobi* e *selle* accidentatissimi, visibili spesso sul fossile, disegnano un bizzarrissimo ed elegante intreccio (fig. 70), quasi di fiori e di fronde.[1] Il *sifone*, che corre, ferendo all'incirca il centro delle pareti nel nantilo, qui si attiene al dorso della conchiglia. Alcuni ammoniti sono così colossali, che si sostituirebbero alle ruote di un carro.

Fig. 70. Pareti o lobi dell'*Ammonites Truellei* (Oolite inferiore).

683. Sarebbe quasi impossibil dire degli accidenti di forma, e dei vaghissimi ornamenti, per cui si distinguono tante centinaja di specie, di cui rigurgitano tutti gli strati dell'êra mesozoica. Anzi tutto la conchiglia degli ammoniti si terminava in un *becco*, cioè in una specie di espansione, che prendeva, secondo le diverse specie, le forme più bizzarre del pari che eleganti. Il *becco* dell'*Ammonites Jason* (fig. 69) può dare un' idea al lettore di questa singolarità del genere. Quanto alle forme, talora gli ammoniti sono schiacciati al modo di disco regolare, talora hanno la forma d'una lente, talora quella di un globo. La spira si svolge sempre sullo stesso piano, ma i suoi giri ora si toccano semplicemente, disegnando nel mezzo un vasto umbilico, ora invece si involgono sì, che l' ultimo giro nasconde tutti i giri precedenti. Quanto agli ornamenti, talvolta il dorso è liscio, talvolta percorso da una e più carene rilevate, talvolta irto di coste, di tubercoli,

[1] Per ben comprendere la cosa, si osservi la seziono del *Nautilus pompilius*, offerta dalla figura 18 (§ 316). Le pareti, che dividono le diverse loggie, passando da una faccia all'altra della conchiglia, disegnano, sull' una o sull' altra, un arco, che rimane però nascosto dal guscio. I *Nautilus* fossili, avendo spesso perduto il guscio, lo mostrano sovente assai netto. Così la serie delle loggie è disegnata da una serie di archi sui lati e sul dorso del fossile. Se le pareti si ripiegano, mentre si innestano nella conchiglia, il ripiegamento apparirà pure sulla superficie del fossile. Esse pareti si ripiegano di fatti così, più o meno, secondo i diversi generi o le diverse specie. Le linee ornamentali che, a guisa di altrettante *greche*, irradiano dal centro del *Ceratites nodosus* (fig. 68) verso la periferia, cioè verso il dorso, che sormontano, per ritornare al centro sul lato opposto; queste linee, dico, sono disegnate dalle lamine parietali, ove si innestano nella conchiglia. Il pieghettamento è già tale, che esse pareti, in luogo del semplice arco dei *Nautilus*, disegnano una serie alternante di *lobi* od arco, o di *selle* a sega. La figura 70 mostra fino a qual punto è progredito il pieghettamento, per costituire un *Ammonites*. In detta figura è disegnata una sola loggia, o meglio una sola linea parietale, che, partendo dalla linea dorsale, giunge verso il centro, dopo mille ripiegamenti, per cui i *lobi* positivamente, e le *selle* negativamente, disegnano altrettanti frastagli, paragonabili a fronde complicatissime. Nella figura i *lobi* sono disegnati a fondo bianco, le *selle* a fondo ombreggiato.

di punte, di spine lunghissime. Gli stessi ornamenti si ammirano, variati all'infinito, sui lati delle diverse specie (fig. 71.) Infino non saprei quale altro genere presenti, nella sua tipica unità, tanta varietà di forme.

Fig. 71. *Ammonites rhothomagensis* Defr. (Creta superiore).

684. Ma non basta. Debbo ripetere dell'*Ammonites* ciò che già dissi del *Nautilus*. Si direbbe, che la natura, invaghita di quel bellissimo tipo, avesse, principalmente verso la fine dell'êra mesozoica,[1] acquistata l'arte, e sentito il gusto, di foggiarlo in tutti i modi possibili; e come ne trasse, variandone gli accidenti, centinaja e centinaia di specie, così ne cavò, con più radicali trasformazioni, un mondo di generi, che arricchì alla lor volta di vaghissime specie.

Fate che l'*Ammonites*, conservando i suoi caratteri essenziali, si aggiri a spira sullo stesso piano, poi si stacchi, sempre sullo stesso piano, per formare un uncino, e avrete uno *Scaphites* (fig. 72). Se invece di rotolarsi a giri contigui, forma una spirale a giri disgiunti, l'*Ammonites* diventa un *Crioceras;* il *Crioceras*, che, dopo parecchi giri di spirale, si slancia in linea retta, e termina curvandosi ad uncino, diventa un *Ancy-*

[1] Il genere *Ammonites* domina tutta l'*êra mesozoica*, a partire dal *trias superiore*. I generi affini però, o, come si direbbero, i generi derivati, non compajono che ben tardi. Ad eccezione dei generi *Ancyloceras*, *Toxoceras* o *Turrilites*, che compaiono nell'epoca giurese, gli altri tutti sono esclusivo retaggio della *creta*.

Ancyloceras (fig. 73). Qualunque dei generi precedenti, in luogo d'aggirarsi a spira, si allunga in linea retta, forma un'asta conica, e piglia il nome

Fig. 72. *Scaphites Yvanii* Puzos (Neocomiano superiore).

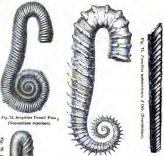



Fig. 73 *Ancyloceras Matheronianus* d'Orb. (Neocomiano superiore).

Fig. 74. *Baculites neocomiensis* d'Orb. (Neocomiano).

Fig. 76. *Ptychoceras puzozianus* d'Orb. (Neocomiano superiore).

Fig. 75. *Toxoceras emericianus* d'Orb. (Neocomiano superiore).

di *Baculites* (fig. 74), che sta all'*Ammonites* come l'*Orthoceras* al *Nautilus*. Ripiegate la *Baculites* in guisa che formi un arco, a foggia di corno di capra, e avrete un *Toxoceras* (fig. 75): ripiegandone invece una estremità, in guisa che formi un gancio ben chiuso, avrete un *Ptycoceras* (fig. 76): ripiegatele ambedue, formando un doppio gancio, e avrete un *Hamites* (fig. 77). Se poi qualunque de' citati ammonitidi, in luogo di contorcersi sullo stesso piano, forma

una spirale conica, a giri contigui, a modo de' gasteropodi, avremo un *Turrilites* (fig. 78). La *Turrilites*, a giri di spira non contigui, diventa un *Helicoceras* (fig. 79). Voi avete infine uno di quei tipi, estranei alla creazione attuale, i quali, come molti tipi fanno attualmente, mediante

Fig. 78. *Turrilites Bergeri* Bronz. (Gault).

Fig. 79. *Helicoceras Robertianus* d'Orb. (Gault).

Fig. 77. *Hamites rotundus* Sow. (Gault).

una serie di modificazioni, costituiscono una serie di generi, il cui complesso diviene caratteristico di una data epoca. Ed è curioso il vedere come la natura, che sembrava non potersi saziare abbastanza di quelle forme, d'un tratto, quasi pentita, distrugga quelle specie, quei generi, e ne rompa lo stampo. Nè un ammonite, nè un ammonitide sopravvive all'êra mesozoica.

685. *Articolati.* — Venendo agli articolati, scomparsi i trilobiti, sarebbero apparsi nel trias i primi crostacei decapodi (genere *Pemphix*); più si raccolse in America un insetto *Nevroptero*. Ma insetti o vermi vedremo ben tosto moltiplicarsi, anche prescindendo dalle reliquie fossili, che sono rarissime.

686. *Pesci.* — I pesci sono abbastanza copiosi nel trias, e appartengono ai ganoidi e ai placoidi, secondo Pictet. Gli schisti ittiolitici di Perledo o di Besano in Lombardia hanno dato, e daranno, un bel contributo alla ittiologia triasica. Nella prima delle citate località si trovano misti i lepidoidi eterocerchi agli omocerchi. Sarebbero i primi lepidoidi omocerchi apparsi sul globo.

687. Volendo ora parlare degli altri vertebrati, mi trovo costretto a premettere la storia di alcune singolari scoperte, a cui dobbiamo la mag-

gior parte di quanto è noto circa l'esistenza di animali superiori nel trias. Sulla superficie di alcuni strati dell'arenaria variegata, tanto nel Lancashire, o nel Cheshire (a Storton Hill, a pochi chilometri da Liverpool), quanto a Kahla e a Hesselberg presso Hildburghause in Sassonia,[1] si scoprirono dei fossili singolari. Consistevano essi in orme gigantesche (fig. 82), quasi impronto della mano d'uomo colossale, così ben appajate, una piccola anteriore ed una larga posteriore, ad intervalli così ben misurati, che si doveva proprio far violenza alla ragione por negare che fossero vere orme di un quadrupede gigantesco. Immaginatevi che quelle orme avevano fin trenta centimetri di lunghezza. Un quadrupede aveva dunque camminato su quegli strati. Sarà stato un quadrupede terrestro o acquatico? Quegli strati erano sedimenti subacquei, o piaggie asciutte? Un quadrupede qualunque avrebbe potuto segnare vestigia così profonde, così bene stampate, sul fondo di un lago o di un mare? A meno che non fosse di piombo .... Doveva adunque essere un animale terrestre, o almeno anfibio; un animale a respirazione aerea; e asciutto o almeno assai poco profondo essere doveva certamente il suolo improntato.

688. L'osservazione, portandosi sugli accidenti di quei depositi, veniva confermando questo modo di vedere. La superficie di quegli strati era talvolta butterata, quasi vi fosse caduta, a radi goccioloni, la pioggia. Il volgo potrà sogghignare udendo parlare di pioggie fossili; eppure trattasi di un fenomeno communissimo. È la prima volta che parliamo di queste impronto fisiche, come scoperte di fatto, perchè è la prima volta che discorriamo di orme d'animali.[2] Ma dove s'incontrano orme consimili a quelle di cui discorriamo, le goccie di pioggia non mancano mai, e a loro si associano altre impronte, formando tale un complesso, da cui la scienza seppe dedurre i più importanti corollari. Parlo dello impronto delle onde e delle screpolature fossili. Sulla superficie degli strati, improntate da quelle orme gigantesche, si disegnano ancora larghe screpolature, reticolate, concave sullo strato argilloso inferiore, convesso sullo strato arenaceo sovrapposto, presentando precisamente l'aspetto di una superficie di liscia fanghiglia, che si screpoli ai raggi del sole, e su cui si deponga o si modelli, più tardi, altro strato di mollo fango, o di finissima sabbia.

---

[1] Le grandi piastre, seminate di orme di *Cheirotherium*, o *Labyrinthodon* che si voglia chiamare, sono divenute quasi cosa volgare nei musei di Germania. Ne osservai di stupende in quelli di Praga, Dresda, Lipsia. La figura 82 presenta una di quelle piastre, di cui il Museo civico di Milano possiede il modello. La figura la riduce a $^1/_{19}$ della sua grandezza naturale.

[2] Delle orme e delle impronte fisiche, di cui qui si parla come d'un fatto, abbiamo già ragionato, in via teorica, parlando della fossilizzazione (§ 176-178).

689. Le orme, di cui parliamo, si incrociano talora colle crepature: le linee delle crepature stesse si torcono sotto l'orma, quasi in quell' istante il misterioso animale vi passasse sopra colla lenta mole. Il volgo, dico, può sogghignare in faccia a chi parli di pedate, e peggio, di screpolature e pioggie fossili. Chi riflette, non potrà che godere di veder riprodotti negli antichi mondi, ora dischiusi alla scienza, i minimi particolari del mondo attuale, e di scorgere, in que' tratti, l'effetto delle grandi forze della natura, del sole, delle pioggie, che fecondano, da tante migliaja di anni, un mondo pieno di vita. Mi ricordo di essermi compiaciuto assai, percorrendo la ferrovia dell'Adriatico, d'osservare gli innumerevoli pantani, allineati lungo il mare, screpolati e istoriati da infinite orme di uomini e di animali. Salvo la differenza nella forma delle orme, la superficie di quei pantani riproduceva al vero i bei disegni, che delle piastre ad orme fossili ci presentano il Buckland, il Lyell, ecc. Parevami che l'onda marina avrebbe potuto di leggieri spargere, su quelle superfici essiccate, nuova belletta, che avrebbe consorvato, allo stato fossile, quelle crepature e quelle orme. Lyell, più fortunato, vide i fanghi rossi della baja di Fundy butterati dalla pioggia; poi ne staccò il rilievo, formatosi sugli straterelli di fango, che le susseguenti maree vi avevano sovrapposto, e che il sole di nuovo aveva essiccati. Ecco un modo semplicissimo per spiegare quel complesso di curiosi fenomeni. Uno strato di fango s'era deposto sulla spiaggia di un lago o di un mare: quello strato, disseccandosi, si screpolava sotto l'azione del sole: talvolta invece la pioggia, cadendo a goccioloni, l'aveva lasciato come un viso guasto dal vajuolo: un enorme quadrupede, alternando forse le formidabili caccie in seno alle onde colle passeggiate sul lido pantanoso, vi impresse le sue orme: un nuovo strato di fango sovrappostosi conservò intatta quella pagina del passato.

690. Ci resta ancora il desiderio di sapere a qual razza di animali appartenesse il mostruoso quadrupede. Che fosse un quadrupede, quasi certamento anfibio, già il sappiamo; le orme non ci dicono di più. Ma Owen, il celebre osteologo, accintosi allo studio delle reliquie dei rettili scoperti nel trias, specialmente dei denti fossili del grès di Warwick e di Leamington e del Keuper di Germania, trovò che essi, non già a sauri, ma dovevano appartenere a batraci; stabilendo così l'esistenza di rane gigantesche in quegli antichissimi tempi. Osservando in seguito, come le orme dei nominati quadrupedi giganteschi si assomigliavano, più che ad altro, alle orme d'un rospo, raccogliendo quanto potè di elementi osteologici, venne a stabilire, con tutto il rigore dell'anatomia comparata, che denti ed ossa ed orme appartenevano allo stesso genere di animali. Così l'epoca triasica presentò, all'attonito sguardo de' pre-

senti, rospi o rane, dalle dimensioni del bue o dell'elefante. Prima, sulle orme, si era stabilito il genere *Cheirotherium;* ma, identificato l'animale dalle grandi orme coll'animale cui appartenevano le ossa e i denti scoperti, dalla struttura dei denti stessi che sopra una sezione trasversale presentano ripiegature labirintiche simili alle circonvoluzioni del cervello, il nuovo genere si intitolò *Labyrinthodon*, che divenne eminentemente caratteristico del trias, come quello che lo rivela in Europa, in Asia e in America. Owen ne riconobbe tre specie.

La figura 80 rappresenta la testa del *Labyrinthodon* Jaegeri del Keuper inferiore del Würtemberg, ridotta a $^1/_{12}$ della sua grandezza reale. La figura 81 rappresenta pure il *Labyrinthodon* ristaurato conformemente alle vedute di Owen.

Fig. 80. Testa del *Labyrinthodon Jaegeri* (Keuper).

691. Le meraviglie del trias d'Europa dovevano ripetersi, e su ben più vasta scala, nel Nord-America. Una grande depressione granitica è occupata da arenarie rosse, da schisti argillosi, e da conglomerati, sopra una lunghezza di 240 chilometri, e una larghezza di 8 a 16 chilometri. Questa formazione, già litologicamente d'indolo triasica, si estende nel Massachusettes, nella New-Jersey, nella Pensilvania, nel Connecticut. È specialmente nella valle del Connecticut che si verifica il fenomeno degli strati ad impronte. Si direbbe che migliaja e migliaja di fondi di una laguna, cinta da un lido fangoso, siansi l'un sull'altro deposti e induriti, in guisa da formare una pila di straterelli dello spessore complessivo di 300 metri. Molti finissimi strati sono ondulati, e mostrano evidenti le screpolature prodotte dal loro successivo essiccarsi all'aria aperta, e sono buttesati dalla pioggia. Staccando strato da strato, eccoti le superfici tutte istoriate da orme di animali, in serie così regolari, e con sì distinti caratteri, che tu conosci e conti i

passi del bipede e del quadrupede, dell'insetto, del crostacco, del rettile, che lasciovvele, quaudo quegli strati erano ancora o duttile fango o mobile sabbia.

Nè crediate che si tratti, come si poteva dire degli strati improntati d'Inghilterra e di Germania, di qualche straordinaria accidentalità. Il

Fig. 81. *Labyrinthodon pachygnatus* ristorato da Owen.

so'o mnseo di Amherst vanta, dice Dana, 8000 di tali orme, raccolte da Hitchock nella valle del Connecticut. Quanto alla varietà di quelle orme, basti il dire, come lo stesso Hitchock ginnse a creare un'intiera fauna, quanto di più raro e di più meraviglioso vanta l'epoca triasica. L'illustre paleontologo giunse cioè a enumerare 30 specie tra crostacci,

Fig. 82. Orme di *Labyrinthodon*.

vermi, e insetti; 50 specie di rettili, lucertole, cheloni (tartarughe), batracî (rane) e quello che è più interessante, al punto in cni siamo, 30 specie di uccelli. Sono i primi uccelli che apparvero sulla terra.

692. Siamo qnindi in possesso di ricchi elementi per continuare la rassegna degli animali più caratteristici del trias superiore. Ma prima sentiamo il bisogno di soddisfare al desiderio, che nasce naturalmente, di una spiegazione dei singolari fenomeni ora descritti. Finchè si trattava soltanto di qualche strato ad impronte, potevamo spiegarlo semplicemente con fatti identici, che si producono giornalmente sui lidi marini, per

opera delle onde e delle maree. Ma sopra una spiaggia, a livello costante, il fenomeno dalle impronte fisiche e fisiologiche non può prodursi che sopra una sola superficie, e ripetersi e conservarsi entro uno spessore minimo. Supponiamo che il *Labyrinthodon* potesse imprimere le sue orme sul fondo marino alla profondità di un metro. Mano mano che il fondo si andava elevando, per la sovrapposizione di nuovi strati di fango, avrebbe potuto imprimere orme nuove sulle nuove superfici, e quelle orme si sarebbero conservate mediante i nuovi strati che si andavano sovrapponendo. Tutto questo va bene, finchè il fondo non si fosse elevato fino al livello delle maree. Ma, raggiunto esso livello, la sedimentazione doveva arrestarsi. Il deposito ad orme non poteva presentare più di un metro di spessore. Come è che il terreno a impronte presenta, nel Connecticut, uno spessore di 300 metri, ed è tutto composto di esilissimi strati, a screpolature, a impronte di pioggia? Anzi l'azione del mare, ora calmo, ora tempestoso, quando non sia elisa da altra causa, deve alternatamente fare e disfare, rimescolandosi incessantemente le spiaggie e i fondi marini, a non mediocre profondità. Lo spessore di un metro, accordato ad un deposito ad impronte, sarebbe ancora, nelle condizioni più normali, molto problematico. La cosa non si spiega altrimenti che riconoscendo, nel complesso dei fenomeni osservati nelle valli del Connecticut, una novella prova delle oscillazioni della crosta del globo, le quali ci vennero già attestate da tanti fenomeni dinamici attuali e stratigrafici.

693. Ammettete una regione di bassi fondi, un golfo, una laguna, ove si vadano continuamente radunando fanghiglie e sabbie, derivate dalla erosione della terra ferma. È una supposizione che risponde ai fatti più volgari, quali si verificano attualmente. Gli animali imprimono le loro orme sui bassi fondi, o sulla spiaggia screpolata dal sole, o butterata dalla pioggia. Abbia luogo intanto il lento deprimersi del bacino, sicchè rimanga approssimativamente costante l'estensione e il livello delle acque, mentre si accumula fondo sopra fondo: ogni strato che si deprime, sarà facilmente, anzi necessariamente, coperto da un novello strato. Ecco trovato il modo di proteggere successivamente le superfici istoriate, e di accumulare qualunque sterminato numero di strati, fino alla profondità di migliaja di metri sotto il livello del mare, mantenendo, a tutti ugualmente, il carattere di spiaggie e di bassi fondi. Ecco perchè vi diceva (§ 668) che, partendo dai dati paleontologici, Dana ritiene la regione littorale atlantica del trias, un paese di bassi fondi, di acque dolci o salmastre; ed ecco come, con sì ragionevole supposto, si concilia il fatto, segnalato da Hitchcock (§ 663), che il materiale del trias nel Connecticut è tolto alle roccie cristalline, su cui quella formazione riposa. Ripigliamo ora la rassegna dei caratteri paleontologici del trias.

694. *Rettili.* — Il genere *Labyrinthodon*, già descritto, presenta quanto di più caratteristico ha la classe dei rettili triasici in Europa e in America. Affine al *Labyrinthodon* sembra l' *Otozoum Modii*, il rettile (probabilmente batraciano) più gigantesco, che mutava i passi sulle antiche spiaggie del Connecticut. Egli segnava un' orma di circa 6 decimetri. Un rospo che segnasse tali orme, avrebbe almeno da 7 a 8 metri di lunghezza. Sopra una lastra, lunga 30 piedi, nel museo di Amherst, si contano 11 di tali orme gigantesche. Tra i lacertiani abbiamo i *Centemodon*, i *Rutiodon*, ecc.

Bisogna notare, che al deposito dello impronte si aggiunse un vero bone-bed, a Phœnixville, ossia un letto a ossami, ricco di lacertiani e di labirintodonti. Infine Pictet, nel suo *Trattato di Paleontologia*, numera, sulla scorta di Meyer, [1] 38 specie di rettili triasici. Il trias di Lombardia deve accrescere d' assai questo numero, aggiungendovi il *Lariosaurus Balsami*, il *Pachypleura Edwardsii*, ed altre specie indeterminate, che appartengono specialmente agli schisti bituminosi di Besano. Naturalmente nel numero citato non sono compresi i numerosissimi rettili del Connecticut, di cui non si conoscono che le orme.

695. *Uccelli.* — Gli strati del Connecticut segnano, come abbiam veduto, la prima comparsa di questa classe, che forma uno dei più squisiti ornamenti del mondo attuale. Essi sono rivelati da serie di orme, quali possono essere segnate da bipedi. Esse orme, cioè, si succedono in una sola serie lineare, alternando da destra a sinistra, sicchè, riunito, per mezzo di altrettante rette, segnano gli angoli, o le spezzature di una linea a zig-zag (fig. 83): sono ordinariamente trifide, e mostrano lo stesso numero

Fig. 83. Orme di uccello sugli strati triasici del Connecticut.

d'articolazioni che si osserva negli uccelli tridattili viventi. Talora alle impronte di tre dita dirette pel davanti si aggiunge l'orma d' un quarto diretto per l' indietro, come è il caso d' un infinito numero di uccelli. La maggior parte di quegli uccelli, almeno i più grossi, si ritengono affini agli struzzi.

[1] *Die Saurier des Muschelkalkes.*

Si arrivò fino a distinguere sull'orme l'impronta della pelle: era quale l'avrebbe lasciata uno struzzo. Qual meraviglia? Il presente e il passato si rispondono sempre coll'identico linguaggio degli identici effetti. Gli struzzi viventi nell'America del Sud si avanzano, come riporta Darwin, sulle coste di Buenos Ayres, appena la bassa marea lascia in secco la larga zona, prima bagnata dall'alta. Là si nutrono di pesciolini, si inoltrano nell'acqua, nuotano d'isola in isola. Quelle fossili orme rivelano degli uccelli, che dovevano avere quattro volte la mole dello struzzo. Le vestigia del *Brontozoum giganteum* misurano circa 4 decimetri. Anche di ciò nessuna meraviglia, dacchè, come diremo più tardi, l'uomo vide co' suoi propri occhi i *Dinornis*, gli *Æpiornis*, uccelli alti da 12 a 20 piedi.

696. *Piante*. — La flora del trias è copiosa e sparsa assai. Col trias apparirebbero le prime *Cicadee* (*Cicas*, *Zamia*, *Pterophyllum*), ora viventi sotto le più calde latitudini, nell'Indie occidentali, nel Messico, nell'America equatoriale, nel sud-Africa, nel Giappone, nelle Indie orientali e nell'Australia. Lo *Pterophyllum longifolium*, caratteristico del trias superiore in Europa, si trova fossile anche nella Carolina del nord. Tra le conifere si distingue il genere *Voltzia*, assai caratteristico del trias. Una specie americana si assomiglia alla *V. heterophylla*, assai sparsa nel trias d'Europa. Tra le acrogene figurano i generi *Pecopteris*, *Equisetum*, *Calamites*.

697. Quanto alla climatologia dell'epoca triasica, i molluschi in genere, che non si scostano gran fatto da quelli dell'epoca giurese, lo sviluppo de' coralli e degli spongiarî nelle Alpi, l'abbondanza di rettili giganteschi e degli struzzi nel nord-America, le cicadee sparse dovunque, tutto infine attesta, per tutte le regioni ove il trias venne scoperto, un clima torrido ed una equa distribuzione di temperatura. Il trias conferma pure la più generale distribuzione dei viventi, coi *Labyrinthodon* sparsi in Europa del pari che nel nord-America e nell'India, colle specie di piante già citate come comuni all'Europa ed all'America, e più, colla perfetta analogia delle due flore, europea ed americana. Del resto la povertà del trias, in quasi tutte le regioni conosciute, presta troppo scarsi elementi di confronto.

698. Passando ora a dare alcuni particolari sui diversi piani, ossia sui diversi terreni, che compongono la gran serie triasica, dobbiamo confessare, che le ricchezze paleontologiche, di cui abbiamo fatto cenno nei paragrafi precedenti, se valgono a improntare a sufficienza la fisonomia dell'epoca triasica, poco si prestano, in genere, a particolareggiarne la cronologia, stabilendo una serie di suddivisioni stratigrafiche. Per ciò ottenere bisogna ricorrere, come abbiamo fatto intendere, quasi esclusivamente ad una parte non estesissima dell'Europa centrale e, più di tutto, alla catena delle Alpi. Nelle Alpi soltanto troviamo intera quella serie di formazioni, di cui passiamo a dire brevemente i particolari.

699. Trias inferiore o Grès variegato. — Del *grès variegato* (*Buntersandstein*) poco ci resta a dire, dopo quanto se n' è riferito nelle generalità. Dove non esistono zone calcaree, riferibili ad alcuna delle descritte, è impossibile fissare dei limiti tra le *marne iridate* e il *grès variegato*, e molto meno assegnare una rappresentanza al trias medio. È questo il caso dell' America, dell' Inghilterra, e d' una gran parte d' Europa. Dove invece il calcare conchigliaceo esiste, come è il caso della Germania e di tutta la regione delle Alpi, la zona del grès variegato segue un orizzonte, alla cui evidenza, se vengono meno in genere i fossili, supplisce la natura petrografica, per cui, in genere, si stacca, senza passaggio, dagli equivalenti del Muschelkalk.

Come lo indica il suo nome, la formazione in discorso consta principalmente di arenarie, diversamente colorate: prevale, in genere, il colore rosso. Le si associano delle argille, o meglio degli schisti argillosi, e qualche rara volta delle dolomie. A questa formazione fu riferito il celebre *grès des Vosges*. Vi si scopersero orme di *Labyrinthodon* e, a Soottz-les-Bains, presso Strasburgo, una flora tutta speciale. Vi abbondano specialmente le felci e le conifere. Io ritengo però che la *Voltzia heretophylla*, ritenuta esclusiva del Buntersandstein, sia sparsa a livelli superiori in Lombardia.

Al Buntersandstein si riferiscono, in genere, i famosi depositi a *Labyrinthodon*, o direm meglio *a impronte*, di Sassonia, d' Inghilterra, del nord-America.

700. Lo spessore del grès variegato è di 180 metri in Inghilterra, di 350 a 360 in Germania. In tutta la regione delle Alpi, salvo alcune modificazioni petrografiche, il grès variegato mantiene lo stesso *facies* che in Germania. Spesso però troviamo sostituita, alla zona dei conglomerati e dei grès rossi, una zona di quarziti bianche. In Savoja, p. es., mentre la puddinga rossa domina nelle montagne che separano la Tarantasia dalla Moriana, le quarziti prevalgono in quelle che dividono la Moriana dalla valle della Stura. La celebre quarzite che rallentò di tanto il traforo del Cenisio, dal lato di Modane, non è altro che la formazione in discorso.

701. Due forme petrografiche distinguono specialmente questa formazione nelle regioni subalpine:

1.° Una puddinga rossa, quarzosa, spesso porfirica, a cemento argillo-ferruginoso.

2.° Degli schisti rossi, verdi, variegati, micacei, arenacei, argillosi. In Lombardia si dà alla puddinga il nome di Sares (credo corruzione di serizzo) e agli schisti quello di Servino, nome col quale Escher indica appunto gli schisti associati alle puddinghe, nominate *Verrucano*, per la

perfetta somiglianza petrografica che esse hanno colle puddinghe toscane, di cui già parlammo, ascritte da Savi al gruppo di terreni d'epoche diverse, che, dal Monte Verruca, presso Pisa, intitolò *Verrucano.*

Non ho potuto constatare nessun rapporto costante tra le due forme litologiche. Solo mi è parso, che il Servino si sviluppi a preferenza nella parte superiore della formazione. Talora il tutto è sostituito da semplici quarziti. I fossili determinati, *Naticella costata, Myacites fassaensis, Pecten Fuchsi,* e altri argomenti, dimostrarono affatto erronea la primitiva determinazione, colla quale questo terreno, sotto il già citato nome di Verrucano, veniva ascritto all'epoca paleozoica. I fossili e la posizione stratigrafica rendono ormai universale la convinzione, che sia esso un vero equivalente del grès variegato (Buntersandstein).

702. La zona del grès variegato si disegna abbastanza nettamente in tutto il giro delle Alpi. Sotto forma di quarziti si distende nel Delfinato, nella Savoja, nel Piemonte; ma assume le sue forme più caratteristiche in diverse località da me visitate, come in Tarantasia, al lago di Wallenstatt. Cominciando dalla valle di Livigno, dove si mostra co'suoi ordinarî caratteri, veste, per tutto il giro delle Alpi di Valtellina, la forma di quarziti. Nelle prealpi lombarde, invece, costituisce una zona potente, dal San Salvatore di Lugano fino all'alta val Trompia e ai confini del Tirolo, spiegando tutte le sue forme più caratteristiche.

703. Nel Vicentino, alle calcaree del Muschelkalk, succedono, in serie discendente. 1.° Marne argillose e arenarie variegate, ove predomina il rosso, e hanno uno spessore di 30 a 40 metri. 2.° Calcarce a strati sottili, talora di color grigio-rossastro, come tra la Valcalda e la valle di Malonga, ove contengono *Possidonomya Claræ, Myacites fassaensis, Pleurophorus Goldfussi, Mytilus eduliformis, Pecten Alberti;* talora sono invece bianco-grigi, o giallastri, e contengono pure alcuni tra i fossili citati. 3.° Argille micacee, rosse, verdognole, grigio-cerulee, con *Myacites.* Sono visibili sul pendio del monte Spitz, ed hanno da 50 a 60 metri di spessore. 4.° Marne e calcarea argillosa grigia. 5.° Conglomerato di grossi grani di quarzo, con cemento argilloso rosso vivo o cupo, e grès rosso o giallo-grigio. Lo spessore è di 10 a 15 metri. Si contengono vegetali nella parte superiore e traccie di carbone.

I vegetali sono specie nuove, descritte da Massalongo e De Zigno. Toltine i calcari, che anche colà sembrano non costanti, questa zona del Vicentino riproduce perfettamente il Sarcs e il Servino di Lombardia. Schauroth e Pirona la riferiscono infatti all'arenaria variegata.

704. L'arenaria rossa, ossia gli *strati di Werfen,* come li chiamano i geologi austriaci, continua sviluppatissima, secondo Foetterle, nelle Alpi

venete, stendendosi senza intorruzione da Pontebba fino a Primiero nel Tirolo, passando per Tolmezzo, Lorenzago, Pieve di Cadore, Perarolo, Zoldo ed Agordo. Le arenarie variegate, mi scrive il professor Taramelli, si presentano nel Bellunese e nel Friuli, come in Lombardia, sotto forma di schisti (Servino) e di puddinghe quarzose. Vi ha tuttavia questa differenza, almeno nella Carnia, che, tra gli schisti e le arenarie a *Naticella costata* e a *Myacites fassaensis*, riferite ugualmente alle *arenarie variegate*, si sviluppa una poderosissima zona calcarea, o dolomitica, o marno-gessifera, e si sviluppa tanto più, quanto più si accosta il limite orientale delle Alpi carniche. Vanno compresi in questa zona le dolomie, e i conglomerati policromi, che nell'alta valle del Fella (Canalthal) formano la base del trias, appoggiandosi, discordanti, sul calcare e sugli schisti paleozoici.

705. Equivalenti in Toscana sarebbero le puddinghe superiori del Verrucano, di cui parlammo più sopra (§ 591). Partendosi da strati schistosi, che contengono fossili carboniferi, si associarono in massa al carbonifero tutte le anageniti, le puddinghe rosse, ecc.; ma il gruppo del Verrucano sarebbe, riportandoci allo stesso Savi, una formazione di immenso spessore, che può dividersi in diversi gruppi, sicchè i successivi studi dimostreranno certamente distinte le due zone del grès variegato e dei terreni paleozoici. Questo si ottenne in fatti da Capellini per riguardo al gruppo del Verrucano nella Spezia. Nella sua *Descrizione geologica dei dintorni del Golfo della Spezia* distingue un gruppo superiore, che consta, dall'alto al basso: 1.° di una breccia schistosa, a cemento calcareo, cioè di un impasto di calcare cavernoso, quarziti, e schisti paleozoici; 2.° quarzite, che assume talora una tinta rossastra, e i caratteri di una arenaria variegata; 3.° anagenite a ciottoli silicei, ove predomina il quarzo rosso, e a cemento siliceo, talcoso. Questo gruppo è dal Capellini sincronizzato coi depositi alpini, lombardi e svizzeri, da noi riferiti al *Buntersandstein*, e ne presenta difatti i più segnalati caratteri. La stessa distinzione può sperarsi si stabilisca nella Sardegna e nella Corsica, dove pure si scoprono terreni di epoca paleozoica.

706. Trias medio o Calcare conchigliaceo. — Dopo quanto se n'è detto nei paragrafi sul trias in generale, poco ci resta da riferire. Il *Muschelkalk* di Germania consta di un calcare compatto, grigiastro, con letti di dolomia. Lo spessore si calcola di 200 metri nella Vestfalia, di 300 metri nel Würtemberg, di 350 nel granducato di Baden. Oltre alla Germania, si stende in diversi dipartimenti della Francia, e lo si segue fino in Russia e nel nord della Siberia. Come lo indica il suo nome, è ricchissimo di conchiglie e di testacei in genere, in Germania; ma il

numero delle specie sorpassa di poco il centinaio, stando al *Prodromo* di d'Orbigny. Si considerano come caratteristiche le specie seguenti:

Nautilus arietis	Lima regularis
Ceratites nodosus (fig. 68)	Avicula socialis
Natica Gaillardoti	» Alberti
Panopæa ventricosa	» Bronii
Myophoria Goldfussii	Ostrea subspondyloides
» trigona	Terebratula vulgaris
» simplex	Pleuraster obtusa
» curvirostris	Encrinus entrocha (fig. 63).
Lima striata	

707. L'orizzonte del *Muschelkalk* si mantiene costante anche nelle Alpi. Infatti, inferiormente alle formazioni da noi ascritte al trias superiore, scoprirono ovunque i geologi una zona calcareo-dolomitica, in cui si mantiene, in genere, l'indole petrografica del *Muschelkalk*. I geologi austriaci distinsero questa zona col nome di *calcare del Guttenstein*.

La stessa zona è evidentissima in tutto il Lombardo-Veneto; ma, contrariamente a ciò che indica il nome di *Muschelkalk*, è poverissima di fossili. Consta nelle Prealpi lombarde di dolomie cavernose, a cui si associano calcari diversi, rossi, venati, fetucciati. Quanto alle Alpi venete e tirolesi, Foetterle indica gli equivalenti del *calcare di Guttenstein* come costituenti una zona ben definita, che si tiene a nord della grande catena, da Pontebba nel Friuli a Primiero nel Tirolo. In masse isolate si trova la stessa formazione a sud della catena, presso Recoaro, Tretto, ecc. Nel Recoarese son note infatti delle marne grigio-cerulee e rossastre, con calcari marnosi, contenenti le specie più caratteristiche del Muschelkalk: *Gervillia* (*Avicula*), *Alberti*, *G. socialis*, *Ceratites nodosus*, ecc.

708. Trias superiore. — Il trias superiore comprende le formazioni superiori al Muschelkalk. Vi si riportano in genere le *marne iridate* di Francia e d'Inghilterra, e il Keuper di Germania, nel senso già espresso (§ 662), cioè lasciandone incerti i limiti, dove manca il *calcare conchigliaceo*.

Tra le caratteristiche del *trias superiore* notiamo la presenza, anzi l'abbondanza, degli *Ammonites*, principalmente degli *Ammoniti globosi*. Il genere *Ammonites* non fu scoperto nel *medio* e nell'*inferiore*. Noteremo tra le specie più caratteristiche:

Nautilus Sauperi	Myophoria decussata
Melia alveolaris	Avicula salinaria
Ammonites Aon	Posidonomya minuta
» Johannis-Austriæ	» Lomellii
Gastrochæna obtusa (fig. 65)	Evinospongia cerea.

Tra le molte piante scegliamo come caratteristiche le seguenti:

Calamites columnaris
Pterophyllum Jægeri
" longifolium.
Voltzia heterophylla.

Aggiungansi tre specie di *Bactryllium*, determinati da Heer: *B. Schmidii, canaliculatum, Meriani.*

709. Il trias superiore si suddivide in cinque zone, o gruppi, i quali si succedono dal basso all'alto così:

1.° Strati di San Cassiano.
2.° Strati di Hallstatt.
3.° Strati di Raibl.
4.° Strati di Esino.
5.° Strati a *Megalodon Gümbelii.*

Queste cinque zone sono unificate in un solo grande periodo, ossia in un solo piano, da parecchie specie communi, e in genere dalla somiglianza delle diverse faune tra loro. Ecco infatti lo specchio delle specie più certe, che si ripetono nelle cinque zone, costituenti, nelle Alpi, il trias superiore. Questa lista serve di appendice a quella delle specie più caratteristiche del trias superiore. Il segno + indica la presenza delle specie nella rispettiva zona:

	1.ª	2.ª	3.ª	4.ª	5.ª
Ammonites Aon	+	+	—	+	—
" Johannis Austriæ .	+	+	—	+	—
Gastrochæna obtusa	—	+	—	+	+
Posidonomya Lommelii.	+	+	+	—	+
" Moussoni.	+	—	—	+ ?	—
Ostrea stomatia	—	+	—	+	—
Encrinus entrocha	+	—	+	+	—
Evinospongia cerea	—	+ ?	—	+	+

710. *Strati di San Cassiano.* — San Cassiano è uno de' più oscuri villaggi delle Alpi tirolesi, in fondo alla valle di Lavis, o meglio del Credner, a est di Bolzano, e a quasi 2000 metri sul livello del mare. I famosi strati fossiliferi vi si osservano isolati, quasi ammassi accidentali. Constano di argille, o piuttosto di schisti argillosi, alternanti con arenarie azzurre o ocracee, e straterelli di calcare. È meravigliosa l'abbondanza e lo stato di conservazione di quei fossili, costituenti una fauna elegantissima, variissima, ma minutissima.

711. La fauna, illustrata principalmente da Münster e da Klipstein, conta almeno 770 specie. Vi abbondano gli ammoniti, fra i quali somma-

mente caratteristici sono l'*A. Aon* e l'*A. Johannis Austriæ*, specie globose, che si incontrano però anche tra i petrefatti d'Esino, e, con altre specie pure del San Cassiano, tra i fossili di Hallstatt. Havvi un vero mondo di piccoli gasteropodi (*Chemnitzia, Turbo, Trochus, Naticella, Delphynula, Porcellia, Cerithium*, ecc.), ricchi di elegantissimi ornamenti. Molte specie di brachiopodi (*Terebratula, Spirifer, Productus, Orthis*). Numerosi gli acefali dei generi *Avicula, Lima, Gervillia, Pecten, Myophoria* (fig. 64). Gli echinidi si riducono, pare, allo sole *Cidaris*, che seminavano quegli strati de' loro radioli arborei, palmati, claviformi, molto caratteristici. Si distinguono bellissimi *Encrinus* e diversi *Pentacrinus*. Finalmente vi regna una ricca famiglia di spugne (*Achilleum Tragos*, *Manon*) e un'altra non men numerosa di coralli. Si indicarono anche resti di rettili (*Nothosaurus?*), e di pesci (*Gyrolepis, Tetragonolepis, Asterodon, Hybobus*).

712. La fauna di San Cassiano è, come vedremo di quelle di Esino e di Hallstatt, una fauna, nel suo complesso, localizzata. Un buon numero di specie però si sparse lungo tutta la zona del trias superiore delle Alpi, e si mostra sotto i diversi orizzonti; per cui la fauna di San Cassiano è ancora la fauna tipo, alla quale si riportano le diverse formazioni. Le specie più certe e più caratteristiche di essa fauna, che si scoprono nelle diverse zone, sono l'*A. Aon* o l'*A. Johannis Austriæ*.

Queste due specie trovansi abbondanti tanto negli strati di Hallstatt quanto negli strati d'Esino. Io enumerai, di più, oltre una ventina di specie, che sarebbero communi agli strati di San Cassiano e agli strati di Esino. Ma trattandosi per lo più di specie liscie e troppo uniformi, quali sono le *Chemnitzia* e le *Natica*, è difficile una determinazione sicura, nè possono avere quindi un valore caratteristico senza eccezione. Alcune specie ritengo anche communi agli strati di San Cassiano e agli strati di Raibl, come la *Myophoria Whatelyæ*, l'*Arca Danembergi*, l'*Encrinus liliiformis*.

713. Considerati come zona a sè, gli strati di San Cassiano sono, dal l'universale accordo dei geologi tedeschi, collocati alla base del trias superiore delle Alpi, cioè tra gli strati di Hallstatt e il *Muschelkalk*. Siccome la fauna di San Cassiano è nel suo complesso localizzata, o siccome alcune specie si trovano ripetute sotto diversi orizzonti, così non restano che i dati stratigrafici per fissarne altrove gli equivalenti. In questo senso io debbo giudicare equivalente agli strati di San Cassiano il gruppo degli *schisti ittiolitici di Perledo* e *marmi di Varenna*, coi depositi che stanno sotto lo stesso orizzonte.

714. Fra la formazione *calcareo-dolomitica*, riferita al Muschelkalk, e l'altra pure calcareo-dolomitica, riportata agli strati di Hallstatt, parvem

di scoprire costantemente, nelle Prealpi lombarde, delle calcaree nere, talora schistose, poverissime in genere di fossili. In nessun luogo però presentano quello sviluppo e quella individualità che distinguono la formazione ne' dintorni di Varenna, sulle sponde orientali del Lago di Como. I *marmi di Varenna* costituiscono una massa di calcari nerissimi, di gran pregio per l'edilizia monumentale, dello spessore di 100 a 150 metri. Superiormente si presentano in strati esilissimi, sotto forma di schisti calcarei, carboniosi, e, dalla località ove sono scavati e utilizzati come ardesie, pigliano il nome di *schisti di Perledo*. I *marmi di Varenna* sono scarsi o, meglio, privi di fossili. Qualche strato però, presso Regoledo, si trovò sparso in abbondanza di *Posidonomya Moussonii*.

Gli schisti di Perledo, invece, misero in luce una fauna abbastanza ricca di specie e interessantissima. I fossili sono, per lo più, rettili e pesci. Quella fauna fu illustrata da Balsamo, Curioni, Rüppel, e Bellotti. Abbiamo le seguenti specie:

Lariosaurus Balsami Cur.
Macromirosaurus Plinii Cur.
Pachypleura Edwardsii? Corn.
Lepidotus? Trotti Bals.
" serratus Bell.
" pectoralis Bell.
Semionotus brevis Bell.
" Balsami Bell.
" dubius Bell.
Semionotus Bellotti Rüpp.
Pholidophorus Rüppelii Bell.
" oblongus Bell.
" lepturus Bell.
" Porro Bell.
Urolepis macropterus Bell.
" microlepidotus Bell.
" elongatus Bell.
Heptanema paradoxa Rüpp.

I pesci furono descritti da Bellotti, in una *Appendice*, pubblicata nei miei *Studî geologici e paleontologici sulla Lombardia*.

Il *Lariosaurus* è prossimo al *Plesiosaurus*, che vedremo dominare nel lias. Ho già notato l'associazione, in questo deposito, di *Lepidoidi omocerchi*, che si ritenevano tutti più recenti del *trias*, e di *Lepidoidi eterocerchi*, costituenti una caratteristica dei terreni paleozoici più antichi del trias.

715. Per giacitura stratigrafica, e per somiglianza di fauna, ritengo appartenere allo stesso orizzonte degli schisti di Perledo gli *schisti bituminosi* di Besano. Costituiscono, ne' dintorni di Besano presso Porto-Morcote, sul Lago di Lugano, una potente massa di veri piroschisti (schisti ricchi di bitume, ardenti con fiamma vivace), alternanti con calcari marnosi, marne e arenarie. Sono ricchissimi di vertebrati (rettili e pesci), che apporteranno uno splendido incremento alla paleontologia lombarda. Ma quei fossili sono per la massima parte indeterminati. Vi abbonda la *Posidonomya Lommelii*, e pare che alcune ammoniti sieno da riferirsi a

specie di San Cassiano. Cornalia ne descrisse il *Pachypleura Edwardsii* della famiglia degli *Ittiosauridi* e prossimo ai *Simosaurus*, genere esclusivo del Muschelkalk. Recentemente vi si scoperse un bell' *Icthyosaurus*. Di quest'ultimo genere, così caratteristico del lias, ci intratteremo più tardi.[1]

716. A Brozzo e Marcheno, in Val-Trompia, si scoprono, inferiormente alle roccie keuperiane (*strati di Raibl*), delle calcaree marnose, di considerevole spessore. Sono zeppe di fossili, che si riducono però finora a piccol numero di specie. Associato alla *Terebratula vulgaris*, sparsavi in copia strabocchevole, e alla *Lima striata*, specie entrambe caratteristiche del Muschelkalk, scopresi ancora l'*Ammonites Aon*. Io ritengo quei calcari associati agli *strati di San Cassiano;* ma potrebbero costituire un passaggio al *Muschelkalk*. Dicasi lo stesso dei calcari neri, fossili, ad impronte di rettili, di pesci, di *Posidonomya*, i quali, secondo il Taramelli, rappresentano gli schisti di Perledo e i marmi di Varenna nelle Alpi carniche.

717. *Strati di Hallstatt.* — Hallstatt è villaggio delle Alpi nord-est. Stante qualche somiglianza di fauna, e anche qualche communanza di specie, si volle dapprima, che gli strati di Hallstatt fossero equivalenti degli strati di Esino; ma la cosa non poteva durare lungo tempo, perchè, qualunque fosse la somiglianza delle faune, gli strati di Hallstatt giacevano sotto gli strati di Raibl, e gli strati di Esino sopra. Gli strati di Hallstatt pajono assai estesi nelle Alpi nord-est. Come più fossilifere sono note le località di Somerankogel, Steinberg, Legel, Sandling, presso Hallstatt; i dintorni di Aussee, Leisling, ecc.

718. I signori Hauer, Hörnes e Suess hanno, in più riprese, illustrata la bella fauna di Hallstatt. Si ammirano circa settanta specie di cefalopodi, dei generi *Orthoceras*, *Nautilus*, *Ammonites*. Si distinguono, tra gli ortoceratiti, specie adorne di disegni delicatissimi, e tra i nautili le specie a spira non involgente, adorne di coste, ricordo dell'êra paleozoica. Tra gli ammoniti predominano le forme elegantissime degli *Aon*, e le specie globose. I gasteropodi fanno pompa di grosse *Chemnitzia*, di *Turbo*, *Nerita*, ecc., e si distingue il nuovissimo genere *Platistoma*, conchiglia ammonitiforme, ornatissima, la cui bocca si prolunga in irregolari espansioni. I brachiopodi si trovano rappresentati da *Terebratula*, *Spirigera*, *Rhynchonella*, *Lingula*.

719. Benchè la fauna di Hallstatt sia ristretta, in massa, a un piccol

[1] Nella loro memoria *Sui dintorni del lago di Lugano* i miei amici Negri e Spreafico sostengono doversi gli schisti di Besano ascrivere all' *infralias*. Io non credo di potere ancora adottare la loro opinione.

numero di località, non si mancò tuttavia di trovare un equivalente di quella formazione nelle Alpi lombarde, e non si andrà molto a scoprirlo ovunque si manifestino le altre zone del trias alpino superiore. Fra gli strati di Raibl e gli schisti ittiolitici di Perledo, che sarebbero per noi al posto degli strati di San Cassiano, esiste una formazione calcareo-dolomitica abbastanza potente. Io l'ebbi rimarcata specialmente nei dintorni di Esino, dove costituisce la parte più elevata di due monti, dal cui nome chiamava quel deposito *Dolomia di San Defendente e di Sasso Mattolino.* Una massa calcareo-dolomitica scoprivasi ugualmente a Gorno, Premolo, Parré, Ardese, Val-Sabbia, ecc.

Il signor Curioni, che primo constatò l'equivalenza della formazione in discorso cogli strati di Hallstatt, si appoggia ai seguenti argomenti:

1.° La dolomia di Sasso-Mattolino, Ardese, ecc., sottostà immediatamente agli strati di Raibl;

2.° Questa formazione, come quella di Hallstatt, Bleiberg, ecc., contiene galena e blenda in gran copia;

3.° In molti luoghi, come ad Ardese, Barghe, ecc., prende l'aspetto dei calcari di Hallstatt; presenta cioè dei calcari venati di rosso vivo, o dei marmi rossi.

4.° In un calcare di Val-Paludina, a sud di Schilpario, ritenuto equivalente della formazione in discorso, si presentano, asserisce Curioni, ammoniti identici a specie di Hallstatt.

720. Un fatto singolare è questo, che negli strati equivalenti dogli strati di Hallstatt in Lombardia, trovasi, direi, in parte anticipata la fauna d'Esino, che vedremo svilupparsi assai più tardi. Volendo riconoscere esattamente i confini tra gli strati di Raibl, a *Praa-lingér* sopra Esino, e la sottoposta formazione calcareo-dolomitica, verificai questo fatto, che mi sorprese non poco. Il San Defendente e il Sasso Mattolino presentano alla base, dove confinano cogli schisti ittiolitici di Perledo, una gran massa di dolomia cavernosa, quella che i Francesi direbbero *cargneule.* Essa si cambia superiormente in una massa calcarea e, dove si approssima al contatto degli strati di Raibl, che le sovrincombono, veste tutti i caratteri dei calcari di Esino, e vi si associa parzialmente una dolomia rosea, quale s'incontra alla base degli strati di Esino. Il più si è, che quegli strati superiori abbondano di *Chemnitzia*, tra le quali credei di scorgere la *C. Aldrovandi* (specie di Esino), sono zeppi di *Gastrochœna obtusa* (fig. 65), e presentano, nell'*Ostrea stomatia* (fig. 89), uno dei fossili più caratteristici delle lumachelle di Esino. Questi fatti si verificano, e al San Defendente, sopra i prati detti di Narello, e al Sasso Mattolino, precisamente negli strati aperti già per lo scavo di una galena. Se non

avessi constatato in tutta la Lombardia, e ad Esino stesso, la superiorità degli strati di Esino agli strati di Raibl, avrei potuto rimanere un po' scosso nella mia convinzione, dell'assoluta superiorità dell' Esino al Raibl: così non ci vidi che un esempio, per constatare la ripetizione di alcune specie che si verifica spesso nelle differenti zone della stessa epoca; più una prova, che tali ripetizioni di faune dipendono forse, molte volte, dalla ripristinazione delle condizioni degli ambienti, affermata dalla riproduzione di depositi d' identica natura. In questa opinione dovetti confermarmi quando potei verificare recentemente come le calcaree dolomitiche di Lenna, in Val-Bremhana, da me descritte come appartenenti agli strati di Esino,[1] sono assolutamente inferiori agli strati di Raibl. La comunanza di diverse specie e la perfetta somiglianza delle faune mi avevano indotto in tale errore. Ora che è riconosciuta la giacitura delle calcaree di Lenna sotto gli strati di Raibl, abbiamo in esse il più perfetto equivalente degli strati di Hallstatt nelle Prealpi lombarde.

721. Certamente non può mancare, lungo tutta la catena alpina, una formazione equivalente agli strati di Hallstatt. Il signor Taramelli ci avvisa intanto che, nelle Alpi carniche, non mancano in nessun luogo delle formazioni calcaree e dolomitiche, più o meno potenti, le quali si devono riferire alla dolomia di San Defendente, cioè agli strati di Hallstatt.

722. *Strati di Raibl.* — Raibl, che dà nome alla formazione, è un villaggio posto nelle Alpi illiriche, a non molta distanza da Tarvis.

Questa interessantissima formazione era già nota da molto tempo in Lombardia, e de Buch determinava, fin dal 1845, la bella *Myophoria Whatelyæ* (fig. 84) dei dintorni di Dossena. In seguito la formazione fu studiata da Escher e dai geologi lombardi, conosciuta universalmente sotto il nome di *formazione di Gorno e Dossena*. Siccome, dietro studî dei geologi austriaci, essa formazione ebbe un orizzonte più esteso, e divenne più universalmente nota presso i geologi stranieri, così preferisco di indicarla col nome, che essi le hanno imposto, di strati di Raibl (Raibl-Schichten).

Fig. 84. *Myophoria Whatelyæ* De Buch (strati di Raibl).

723. Gli strati di Raibl presentano due forme litologiche, quanto si può

[1] Stoppani, *Les pétrifications d'Ésino (Paléontologie lombarde)*, 2e série.

dire l'una dall'altra distinte, mineralogicamente, e confuse stratigraficamente.

La prima forma è quella delle *marne iridate*, ove troviamo tutti i caratteri del keuper d'Europa. Marne e grès, rossi, verdi, gialli, con mille gradazioni. Questa forma è sviluppatissima anche in Lombardia, e a lei si accenna tutte le volte che si parla di keuper o di roccie keuperiane nelle Alpi. Col keuper di Germania, di Francia e d'Inghilterra divide, come dissi, anche la sterilità e la desolazione. Io

Fig. 85. *Myoconcha Curionii* Hauer (strati di Raibl).

non vi scopersi che scarsi avanzi, riferibili a vegetali o ad *Amorfozoari*. Ma questa prima forma litologica, che è generale pel resto d'Europa, non è che parziale per le Alpi, ove occupa soltanto una delle cinque zone del trias superiore, non mantenendosi costante nemmeno in questa.

La seconda forma litologica degli strati di Raibl è quella dei calcari, talora marnosi o arenacei, nerastri, giallastri, cinerei, azzurrini; talora compatti. Appena questa forma litologica appare, la fauna, come dissi, ripullula e si addensa. I calcari marnosi di Dossena e di Gorno sono talvolta un vero impasto di conchiglie. Vi hanno veri strati di *Myophoria Whatelyæ*, altri di *Myophoria Kefersteinii*, molti di *Myoconcha Curionii* (fig. 85), e così via via.

724. Studiando di fissare uno stabile orizzonte alle due forme, riuscii invece a persuadermi sempre più, che esse si mutuano e si associano indifferentemente. Sul lago di Como manca la forma keuperiana; a Esino e a Cortenova la forma de' calcari marnosi è sottoposta ad arenarie, che non hanno però i decisi caratteri del keuper; a Lecco le vere calcaree, con arenarie e marne a fossili caratteristici, sono sottoposte ad una massa enorme di arenarie marnose, di color rosso-epatico; ma poi, inferiormente alla massa fossilifera delle marne e dei calcari, ritornano potentissime le arenarie rosse, colla loro sterilità e coi loro caratteri keuperiani. Nei dintorni di Gorno e Dossena le marne e i grès, coi colori più vivi e più vari, sottostanno alle marne od ai calcari fossiliferi. Nella Val-Sabbia la forma keuperiana è sviluppatissima; ma pare vi faccia interamente difetto la forma calcarea. Si vede che le cause, le quali presiedevano alla formazione delle marne iridate in Europa, prevalsero, ad intervalli, temporaneamente e localmente, nelle Alpi, e ne nacque una formazione mista, quale ivi si presenta.

725. L'estensione degli strati di Raibl è pari a quella delle due zone

precedenti. Io li ho potuti accompagnare attraverso tutta la Lombardia, dalla Madonna del Monte alle sponde orientali del Lago Maggiore, alla Val-Sabbia, alle spende occidentali del lago di Garda. Anzi si può cominciare dalle Alpi della Savoja, ove le roccie keuperiane presentano però l'indole schistosa: questa nelle Alpi di Valtellina prevale a tal punto, che il keuper vi è rappresentato da una zona di schisti talcosi verdi, rossi, ecc., da non confondersi però colla zona degli schisti talcosi inferiori, d'epoca paleozoica, da cui sono separati mediante una zona di quarziti, rappresentante l'*arenaria variegata*.

Dalle Alpi lombarde, la zona degli strati di Raihl passa nelle Alpi venete, conservando in genere il suo carattere, con decisa prevalenza però della forma calcarco-marnosa, per cui riesce estremamente fossilifera, principalmente ove si avvicina alla tipica località di Raibl, donde la formazione si inoltra nelle Alpi austriache. Secondo il professore Taramelli, il geologo, imbarazzato assai a distinguere i diversi membri del trias nel Bellunese e nel Friuli, trova nella zona calcareo-marnosa, coi caratteri litologici e coi fossili, ond'è distinta nella tipica località di Raihl, un orizzonto prezioso e costante. Questa zona fu da lui trovata pressochè identica a sè stessa sopra una lunghezza di circa duecento chilometri, dal Bellunese all'Illiria, misurata dalle seguenti località: Val di Zoldo; Forcella forada tra il monte Pelmo e il monte Crot; culmina della Mauria; Forni di sotto e Forni di sopra; Raveo, Alleguidis, Lanco, Cludinico, Val-Lonza, Dordola; valle di Comha; dintorni di Dogna; culmina di Somdogna; culmina per Valbruna (Wolfsbacherthal); Kaltwasserthal, Raibl, Römerthal.

726. Gli strati di Raihl sono, in molto località, zeppi di fossili; ma questi ordinariamente si riducono ad un piccol numero di specie caratteristiche, alcune delle quali si possono raccogliere a staja nei dintorni di Gorno e Dossena, e sono sempre abbondantissime nelle località fossilifere. Queste specie, illustrate da De Buch, Escher e Hauer, sono:

Myophoria Whatelyæ (fig. 84)	Cardinia problematica
» Kefersteinii	Gervillia bipartita [1]
Myoconcha Curionii (fig. 85)	» Meriani
» lombardica	Pecten filosus.

727. Alcune località tuttavia sono abbastanza ricche di specie, singolarmente il territorio di Lecco, Gorno, Zone, e la Valle del Fella; per

[1] Questa specie è da Laube (*Die Fauna der Schichten v. San Cassian*) identificata colla *Gervillia Joannis-Austriæ* degli strati di San Cassiano, e assunta come tipo del suo nuovo genere *Hörnesia*.

cui mi riuscì di mettere insieme una bella fauna, che sorpasserà forse le 100 specie. È una fauna quasi tutta inedita, che spero avrà posto a suo tempo nella *Paléontologie lombarde*, e può osservarsi in natura nella mia collezione, collocata al Museo di Milano. Vi si scorgono diversi gasteropodi, buon numero di acefali, una bella specie di lingula, *Nautilus*, ecc. Escher accenna ad un retrobraccio di rettile trovato a Gorno, e che potrebbe riferirsi ad un *Nothosaurus*. In certi schisti di Raibl abbondano i pesci.

Abbondantissimi sono talora i vegetali, anch'essi inediti. La *Voltzia heterophylla* pare vi si mostri sovente.

728. *Strati di Esino.* — Il villaggio di Esino, che dà nome alla formazione, giace in una specie di bacino montuoso, posto tra la Valsassina e il Lago di Como, a Varenna. Gli sovrasta, a sud-est, il colosso della Grigna settentrionale, costituito dalla formazione seguente. La somiglianza litologica e la communanza di alcuni fossili non permettono di tracciare una linea sicura di demarcazione tra le due formazioni; ma la ricca fauna che si agglomera alla base della gran massa dolomitica a Esino, e altrove, alcune specialità litologiche, p. es. l'abbondanza di vere calcaree, impongono di separare gli strati di Esino, come formazione a sè, la quale, per vero dire, salvo qualche incertezza di confini, appare distintissima.

729. Io distinsi anzi in questa formazione quattro depositi, o piuttosto quattro forme litologiche, che si succedono, a un dipresso, in serie discendente, così:

1.ª Calcari bianco-sporchi, o nerastri, o neri, marmorei, ricchi di *Chemnitzia* e di *Natica*, costituenti talora vere lumachelle, ma composte di uno scarso numero di specie.

2.ª Lumachelle ricchissime di specie. Paro non siano che una modificazione, anzi un'accidentalità dei calcari precedenti. La gran maggioranza delle specie di Esino fu tributata da queste lumachelle.

3.ª Dolomia bianca, ricca di *Chemnitzia* e di *Natica* gigantesche.

4.ª Dolomia rosea, cavernosa, seminata di cavernosità e di geodi, tappezzate di cristalli rosei di calce. Ricca di *Chemnitzia*, il cui interno è pure tappezzato di cristalli. Le dolomie 3ª e 4ª, pare si sostituiscano a vicenda, alla base della formazione.

La potenza complessiva dei depositi sorpassa al certo i 300 metri.

730. I fossili di Esino non sono sparsi uniformemente, come avviene di molti depositi, ove le reliquie organiche, disseminate con molta regolarità, rivelano i depositi sopra immense estensioni. Anche nella classica località, donde si nomina la formazione, i fossili sono sparsi ad ammassi, a sprazzi; per cui, mentre qui formano quasi soli la roccia, là se ne perde,

sopra vaste estensioni, ogni traccia. Questa circostanza, unita all' altra della somiglianza litologica sia colla formazione superiore, sia con altre inferiori, fa sì che la formazione di Esino non costituisce un vero orizzonte alpino, come le due formazioni che la racchiudono. Io credo tuttavia che l'osservazione potrà completarlo, mentre la quasi perfetta uniformità degli altri orizzonti del trias superiore, nelle Alpi italiane, tirolesi, tedesche, non lascia dubbio, che gli strati di Esino non abbiano ovunque una rappresentanza. Intanto in Lombardia si scoprirono già molte località, che completano abbastanza questo orizzonte geologico. La fauna di Esino infatti si scopre nella dolomia del monte San Salvatore presso Lugano. Alcune *Chemnitzia* la rivelerebbero sulle sponde occidentali del lago di Como. Sulle sponde orientali la rivelano, a nord, la classica località di Esino; a sud, i dintorni di Lecco. Più oltre troviamo i fossili di Esine nei dintorni di Dossena, tra la Val Brembana e la Val Seriana. Più oltre ancora ne scopersi in Val di Scalve; quindi nei dintorni di Zone, al di là della Val Camonica: finalmente trovai ricchissimi indizi di fossili di Esino a Storo, nel Trentino.

731. L'indole della stessa zona credo trovare nelle calcaree della Valle del Tagliamento, con *A. Aon*, *A. Joannis Austriæ*, e nella calcarea grigio-affumicata a *Gastrochæna obtusa* descritte dal Pirona.

Nè gli strati d'Esino mancano nella catena toscana delle Alpi Apuane, rappresentati dalla *Calcarea salina* o *semi-salina* di Savi, ove io scorsi la *Evinospongia cerea*, l'*Avicula exilis*, uniti a buon numero di *Chemnitzia*, *Trochus*, *Natica*, *Encrinus*, *Montlivaultia*, con tutto l'aspetto de' petrefatti di Esino.

732. Si sente però il bisogno di nuovi studî per precisare, sopra così vaste estensioni, gli equivalenti delle calcaree di Esino. La somiglianza litologica colla formazione superiore (Dolomia a *Megalodon Gümbelii*), di cui gli strati di Esino sarebbero, per dir così, la base, e cogli equivalenti degli strati di Hallstatt, più la communanza di specie fossili coll'una e coll'altra formazione, esigono un esame accurato, per fissare gli orizzonti nelle diverse località.

733. La fauna di Esino è, come fauna locale, una delle più vaghe. Venne da me illustrata, colla II.ª *Serie della Paleontologia lombarda*, dove enumerai 243 specie, nuove per la massima parte, e tutte appartenenti ad animali inferiori agli articolati; cioè 18 Cefalopodi, 156 Gasteropodi, 55 Acefali, 1 Brachiopodo, 2 Echinodermi, 6 Zoofiti, 5 Amorfozoarî. Posteriori ricerche hanno già arricchita questa fauna di un buon numero di specie inedite, principalmente di *Ammonites*. Lo stato di conservazione di que' testacei è talora veramente mirabile: in molti casi veggonsi con-

servati i tratti dei disegni più eleganti, dovuti alla colorazione. Ne porge un esempio la *Natica Meriani* (fig. 86). Non intendo parlare dei colori natii; poichè della sostanza pigmentare pare non sia rimasta che la parte carboniosa; perciò gli ornamenti si presentano, invariabilmente, in nero. Sono però non meno spiccati che sulle conchiglie viventi.

734. Tra i cefalopodi abbondano gli *Ammoniti globosi*. Vi si notano gli *Ammonites Aon* e *A. Joannis Austriæ*, ritenuti già come caratteristici degli strati di San Cassiano. Molte specie di *Ammonites* e di *Orthoceratites* sono ancora inedite.

Tra i gasteropodi trionfano le *Chemnitzia*. Il genere *Natica* gareggia, pel numero delle specie, col precedente. La *Natica monstrum*, dalle larghe fasce evanescenti; la *N. lemniscata* finamente listata di nero; la *N. Meriani* (fig. 86) tutta coperta di nere fiammelle, rompono la monotonia delle forme di questo genere. La *Natica monstrum* vanta un diametro di oltre

Fig. 86. *Natica Meriani* Hornes (Strati d'Esino).

Fig. 87. *Serpularia circumcarinata* Stopp. (Strati d'Esino).

Fig. 88. *Acteonina armata* Stopp. (Strati d'Esino).

a 10 centimetri. Ho già detto del genere *Nerinea* che previene i terreni giuresi. Notisi una bella *Serpularia* (fig. 87), conchiglia a spire disgiunte, e molte vaghissime specie di *Acteonina* (fig. 88), *Nerita*, *Trochus*, *Turbo*, *Stomatia*.

Tra gli acefali notansi i generi *Myophoria Avicula*, *Posidonomya*, *Pecten*. Rimarchevole è la grossa *Ostrea stomatia* (fig. 89) che ai caratteri delle grifee aggiunge la regolarità de' *Gasteropodi*.

Il solo *Brachiopodo* è quello che da Suess fu nominato *Waldheimia Stoppanii*. Le *Waldheimia* sono terebratule distinte da un setto sulla piccola valva.

Tra i crinoidi, scarse articolazioni, riportate all'*Encrinus liliiformis* del *Muschelkalk*.

Tra i zoofiti abbonda il genere *Montlivaultia*, e tra gli *Amorfozoari*, oltre l'inevitabile *Evinospongia*, una specie di *Stromatopora* sviluppatissima nelle *lumachelle*.

735. *Strati a Megalodon Gümbelii.* — Io ho dato recentemente questo nome[1] a quella zona poderosa di dolomie e di calcari dolomitici, che dai geologi svizzeri e tedeschi era indicata col nome di *Hauptdolomite*, ossia di *dolomia principale*. La mancanza degli strati ad *Avicula contorta* (infralias inferiore) sopra vaste estensioni nelle Alpi tedesche, accostando l'*infralias superiore* alla *dolomia principale*, fe' sì che l'uno coll'altra si confondesse. La somiglianza di alcune grandi specie di bivalve ribadì l'errore; ma l'analisi paleontologica, stabilendo i caratteri delle specie, assegnò a ciascuna uno stabile orizzonte. Il *Megalodon Gümbelii*, disgiunto interamente dal *Conchodon infraliasicus*, con cui aveva qualche esterna somiglianza, segnò il nuovo vastissimo orizzonte a cui diede nome.

Fig. 89. *Ostrea stomatia* Stopp.[2] (Strati d'Esino).

736. La *dolomia principale*, già potente nelle Alpi della Savoja, ma poco studiata nelle Alpi dal lato del Piemonte, si mostra sulla sponda

[1] *Paléont. lomb.*, 2.ª Série.

[2] Oltre l'impressione muscolare, che mi decise a collocare questa specie nel genere *Ostrea*, avrei riconosciuto recentemente un'altra impressione, sul lato opposto, che mi fa sospettare non trattisi veramente di un gasteropodo del genere *Stomatia*. Questa specie, abbondantissima negli strati di Esino, si trova anche nella dolomia di Sasso Mattolino, equivalente degli strati di Hallstatt.

orientale del lago Maggiore o, meglio, nelle parti occidentali del lago di Lugano. Di là partendo, e enormemente ingrossando, attraversa tutta la Lombardia, nonchè la Venezia, fino ai confini del Friuli: si dilata quindi nel Tirolo, e costituisce gran parte delle Alpi austriache, bavaresi, salisburghesi, ecc.

737. Il suo spessore è enorme. Forma, quasi per intero, la catena principale delle Prealpi lombarde; le due Grigne, il Resegone, il Venturosa, l'Arera, la Presolana, e i grandi gruppi sovrastanti al lago di Garda, sui confini tra la Lombardia e il Trentino, e sembra svilupparsi più ancora nel Tirolo. Il suo spessore, nella media Lombardia, è, per lo meno, di 1000 metri.

738. La forma litologica della zona in discorso è quella di una dolomia o, meglio, di un calcare decisamente dolomitico, che, sopratutto verso est, va assumendo i caratteri della vera dolomia bianca, cristallina.

Fig. 90
Avicula exilis Stopp.
(Strati a *M. Gümbelii*).

739. La sua giacitura è evidentissima in Lombardia. Io l'ho verificata sopra 11 profili, o spaccati, partendo dalla Val d'Ampola nel Trentino, e arrivando alle sponde occidentali del lago di Como. Questi profili sono descritti e delineati nell'opera citata.[1] Gli strati a *M. Gümbelii* confinano superiormente, senza passaggio di sorta, cogli schisti neri argillosi a *Bactryllium striolatum* dell'infralias inferiore. Inferiormente vanno a fondersi cogli strati di Esino, i quali possono considerarsi come la base di una grande formazione calcareo-dolomitica, chiusa tra due formazioni schistose, marnose; cioè tra gli schisti inferiori degli strati ad *A. contorta*, e gli schisti e le marne iridate dagli strati di Raibl. Nessuna formazione può vantare, litologicamente parlando, limiti più certi.[2]

740. La fauna degli strati a *M. Gümbelii* non è ricchissima di specie; ma la *Gastrochæna obtusa* (fig. 65), l'*Evinospongia cerea*, già descritte, e l'*Avicula exilis* (fig. 90) ne rimpinzano talora interamente gli strati.

---

[1] *Paléont. lomb.*, 2.ª Série.

[2] Secondo il professore Taramelli, mancando nel Friuli gli strati ad *Avicula contorta* (infralias inferiore), la dolomia a *Megalodon* si continua, e si fonde superiormente, colle calcaree dell'infralias superiore. La dolomia a *Megalodon* non è perciò meno distinta e sviluppata, costituendo l'ossatura principale delle così dette *Alpi dolomitiche*, dipendenti dalle Alpi carniche. I colossi del monte Pelmo e del monte Antelao ne sono composti. A giudicarne dalle frane alla base del Pelmo, che io ho visitate in compagnia del Taramelli, si direbbe che essa montagna è un impasto di *Megalodon*, a cui si associano i *Dicerocardium*.

I bellissimi *Dicerocardium* (fig. 65 e 66) le danno quell' impronta affatto eccezionale, che deriva da un genere così strano. Il *Megalodon Gümbelii* (fig. 91) è sparso talmente in tutta la Lombardia, nel Tirolo, e in tutte le Alpi germaniche, che ebbe nelle diverse lingue un nome volgare, che suona in italiano *piede di vacca*. È una conchiglia triangolare, colle forme esterne di un *Cardium*, e che non troppo bene si comporta, pei caratteri del cardine, coi *Megalodon* de' terreni paleozoici. Gümbell ne cita un esemplare lungo 95 millimetri. A questi principali rappresentanti della fauna si aggiunge un bel numero di gasteropodi (*Natica*, *Turbo*, *Delphinula*, ecc.), e di altri molluschi.

Fig. 91. *Megalodon Gumbelii* Stopp.

La fauna degli strati a *Megalodon Gümbelii*, che si può dire letteralmente nuova, fu da me pubblicata per intero nella *Seconda Serie della Paleontologia Lombarda.*

CAPITOLO XX.

GIURA O TERRENI GIURESI.

EPOCA SECONDA DELL'ÈRA MESOZOICA.

741. Al disopra dei terreni triasici scopronsi i *terreni giuresi.* Trassero il nome della catena del Giura, ovo essi presentano una regolarissima e distintissima serie, almeno per ciò che rignarda i piani snperiori. Gli studî, avanzatissimi in qnesti ultimi anni, sopra qnesto imponente sistema di terreni, misero in chiaro, come esso si divida in tre grandi gruppi, a caratteri marcatissimi eiascuno, per cni eiascuno potrebbe rappresentare una grand'epoca a sè. Ma la concordanza stratigrafica, l'impronta delle faune, e bnon numero di specie communi ai diversi gruppi, li unificano in un solo complesso, che figura benissimo come un tutto isolato, tra la *creta* e il *trias.*

I tre gruppi sono: 1.° l'infralias; 2.° il lias; 3.° l'oolite.

La regolarità degli strati, l'abbondanza e la regolare ripartizione dei fossili sopra vaste estensioni nella Germania, e specialmente nella Svevia, hanno permesso ai geologi tedeschi, alla cui testa per qnesta parte sta Quenstedt, di suddividere i primi due gruppi in un numero eonsiderevolissimo di zone, distinte ciascuna da specie particolari. Ma tale suddivisione non può avere che un valore locale, ed è del resto subordinata alla classazione dei terreni giuresi, nniversalmente adottata. Tale è appunto quella che io ho presentato nella *Tavola sinottica dei terreni* a pagina 116, conformemente al *Manuale* di Lyell pei primi due gruppi. Quanto all'infralias, che può dirsi finora sconoscinto ai trattati elementari, eome qnello che fu messo in piena lnce da recentissimi studî, addotto la classazione da me stesso proposta nel 1861 nell'opera *Géologie et paléontologie des couches à Avicula contorta*, ecc. [1]

742. La fauna giurese è assai ricca. Può farsi aseendere a forse 5000 specie.

Le faune precedenti, specialmente quella del trias snperiore, si legano

[1] *Paléontologie lombarde*, 3° Série.

per alcune specchiatissime caratteristiche alle nuove, singolarmente a quelle dell'infralias e del lias. Noto sotto questo rapporto gli *Ammonites*, di cui i terreni giuresi sono ricchissimi. Ma si può dire scomparso il tipo degli *ammoniti globosi* che dominavano negli ultimi periodi dell'epoca spirata. I generi *Diceras*, *Trigonia*, *Gervillia*, *Pentacrinus*, sviluppati nel giurese, hanno le loro radici nel trias. Il genere *Myophoria*, tanto caratteristico de' terreni triasici, conta ancora delle specie nell'infralias. I generi *Ichtyosaurus* e *Plesiosaurus*, cui vedremo ben tosto improntare la fauna del lias, già apparvero nel trias superiore. Le piante del lias e dell'oolite ricordano quelle del Keuper; anzi una specie di quest' ultimo terreno, l'*Equisetites columnaris*, secondo Lyell, prospera ancora nell' oolite.

743. Cercherò di dare qualche idea della fauna giurese, discorrendo di alcune specialità paleontologiche che riguardano i terreni giuresi in genere, e riserbandomi di accennare maggiori particolarità, trattando dei singoli membri.

Cominciando dagli infimi gradini della scala animale, noteremo anche qui, come nel trias superiore, lo sviluppo singolare degli *Amorfozoarî*, ossia delle spugne, specialmente di quelle a scheletro calcareo, le quali, prendendo forme più determinate, talora vaghissime, formano uno dei più curiosi ornamenti delle collezioni paleontologiche. Bisogna notare che le spugne fossili, in genere, presentano uno dei caratteri distintivi per differenziare le antiche faune dall'attuale. Noi non abbiamo al presente che delle spugne, di cui è volgarmente nota la tessitura cornea, filamentosa, molle, elastica. Le antiche spugne, invece, formavano delle masse veramente lapidee, d'un tessuto poroso, diversamente architettate.

I coralli dei terreni giuresi non si scostano di molto dalle forme delle grandi specie che popolano attualmente i mari torridi. Ciò che colpisce, invece, è il loro prodigioso sviluppo nell'epoca giurese in Europa. Non andrebbe forse troppo lungi dal vero chi dipingesse l'Europa, in quell'epoca lontanissima, come un arcipelago corallino. Gli enormi banchi di coralli fecero dare ad uno dei membri del Giura il nome di *Coral rag*. Ma nulla forse che possa paragonarsi al banco madreporico dell'infralias, che attraversa tutta la Lombardia, e attinge talora lo spessere di 50 metri.

744. L' ordine dei crinoidi appare con grande sviluppo numerico e varietà di forme nel genere *Pentacrinus*, che si può dire eminentemente caratteristico dei terreni giuresi. I fondi dei mari d'allora erano letteralmente coperti di animate foreste, ove la coppia gareggiava colla bizzarria e colla varietà. I *Pentacrinus* vi sono abbondantissimi; ma più ancora i *Millecrinus*, esclusivi ai terreni giuresi, di cui A. d'Orbigny novera 42

specie. Abbondantissimo è pure l'*Apiocrinus*, il quale può pigliarsi come il tipo più semplice insieme e più elegante di un ordine, che trovammo così florido in terreni più antichi. L'*Apiocrinus Roissyanus*, per es., come il *Murchisonianus*, già figurato (fig. 36, § 457), si slancia dalle calcaree radici sullo stelo lungo, snello, composto di centinaja di panetti rotondi, coronato da un grazioso calice, formato dallo sviluppo di diversi pezzi, e munito di cinque braccia tutte ugualmente articolate. Quelle braccia non sono altro che organi di preensione, di cui è munita la bocca, la quale si apre nel centro del calice, e si prolunga in un angustissimo tubo intestinale che percorre il tronco tutto.

Fig. 92. *Pentacrinus fasciculosus* Schloth. (lias)
A. Testa, o calice. B. Entroco, o moncone di più articoli.
C. Faccia, o stella articolare.

Se i calici di tali crinoidi, e più ancora i crinoidi interi, stanno tra le più ghiotte rarità paleontologiche; gli articoli, ond'erano composti, figurano invece tra i fossili più volgari. Interi banchi calcarei giuresi possono definirsi una congerie di crinoidi. Il perchè sta, come abbiam detto, nella struttura singolare di quegli animali, il cui corpo, appena spento, doveva al menomo urto sfasciarsi, e i suoi lacerti andarne disseminati, a guisa

d'arena, sul fondo del mare. È celebre la foresta sottomarina di crinoidi, che copre la superficie degli strati calcarei della grande oolite a Brodford, sepolta sotto una massa d'argilla. Quella foresta, come descrive Lyell, crebbe, chi sa per quanta stagione, sul fondo tranquillo calcareo, finchè una corrente fangosa l'assalse, rovesciò i crinoidi, e ne spezzò gli steli a fior di terra. Le radici e i mozziconi sporgono ancora dal calcaro, fitti nelle argille, ove, sparsi a profusione, trovansene i lacerti.

745. Altrove, p. es. nel lias del Würtemberg, trovansi ancora intatte le foreste di pentacrini. Ammirai un magnifico lembo di una di queste foreste sopra una lastra calcarea, alta circa 3 metri e larga $2^{m},50$, proveniente appunto dal Würtemberg, che si conserva al museo (*Jardin des plantes*) di Parigi. La foresta è rovesciata sopra un lato, di modo che i pentacrini si disegnano in rilievo sul piano dello strato. Ma essi pentacrini sono affatto interi e fissi alle radici, formando, come dissi, una fitta foresta, che si direbbe ancora ondeggiante in seno alle onde. Un individuo misura almeno due metri al disopra della radice. Da un'altra lastra alta circa 2^{m} e larga $1^{m},50$, esposta nel museo di Berlino, parvemi di rilevare che quei pentacrini gettassero le loro radici sopra banchi di ostriche. Là si veggono essi ripiegati sui flessibilissimi steli, come canne dalle onde o dai venti rovesciate senza spezzarsi. D'Orbigny cita il *Pentacrinus fasciculosus* (fig. 92) come formante le foreste del Würtemberg. Ma vi sono altre specie molto affini della stessa epoca. Bellissimi cespugli di pentacrini riportai io stesso dal lias di Whitby in Inghilterra.

746. Gli echinodermi in genere sono del resto abbondantissimi nei terreni giuresi. La sola Inghilterra ne vanta 166 specie, cioè 116 echinidi; 18 asteroidi; 7 ofiuridi; 22 crinoidi, che sono da Wright[1] descritti e ripartiti nei diversi piani così:

Lias	38
Oolite inferiore	94
Oolite media	27
Oolite superiore	7
	166

747. Venendo ai molluschi, gli strati giuresi abbondano di brachiopodi; ma essi sono ben lontani dal presentare quella varietà di generi, onde vanno distinti i mari paleozoici. Nell'epoca mesozoica si riducono a poco più dei due generi *Terebratula* e *Rynconella*, di cui tuttavia gli strati giuresi rigurgitano. Ultimo ricordo de' tipi più antichi, troviamo ancora

[1] *Monograph on the british fossil Echinodermata* (Paleontogr. Soc. 1860).

qualche specie di *Spirifer* nell'infralias e nel lias. Gli acefali sono abbondanti, ma non presentano troppe particolarità. Citeremo tuttavia le bellissime *Trigonia*, destinate a moltiplicarsi nell'epoca segnente, e le ultime *Miophorya*, nell'infralias, ricordo dell'epoca precedente. Aggiungi il genere *Diceras*, che ebbe una specie negli strati di Esino, ed è ora rappresentato dall'unica specie *Diceras arietina* (fig. 93), tipo originale, che si direbbe una *Chama* de' mari attuali, le cui valve si contorcono a spirale. I *Gasteropodi* abbondano ancora di *Chemnitzia*. Il genere *Nerinœa*, che vanta le prime specie negli *strati di Esino*, piglia negli strati giuresi un grande sviluppo. Caratteristico al sommo è poi il genere *Pleurotomaria*, che semina di elegantissimi coni i fondi de' mari.

Fig. 93. *Diceras arietina.* (corallien).

748. I cefalopodi concamerati figurano ancora quasi sovrani dei mari. Ma prescindendo dai *Nautilus*, abbondantissimi nel lias, la grande famiglia degli ortoceratiti non ha che un solo rappresentante nel genere *Melia*, che si scopre nel lias delle Alpi. Il genere *Melia* si distingue dal genere *Orthoceras* soltanto per avere il sifone laterale. Degli ammoniti abbiamo già detto. Son essi che, varî di forma, ricchissimi d'ornamenti, potenti di dimensioni, fanno gli onori della classe nell'epoca giurese. Ma un nuovo, singolarissimo genere di cefalopodi, che non ha precursori, nemmeno nel trias, apparso d'un tratto, come una creazione repentina, semina delle sue spoglie i fondi giuresi in tanta copia, che basta, si può dire, da solo, a caratterizzare la grand'epoca di cui ci occupiamo. Parlo delle *Belemnites.*[1] I darviniani dovranno spiegarci come mai un tipo così singolare, così eccezionale, appaja d'un tratto, si sviluppi sotto tante forme diverse, divenga quasi sovrano de' mari, per spegnersi poi entro i limiti dell'epoca cretacea.

749. Trovansi dunque abbondantissimi nei terreni giuresi certi corpi lapidei, subcilindrici, cilindrici, lanceolati, composti d'una sostanza durissima, quasi cristallina, radiati dal centro alla periferia, a modo di certe stalattiti. Erano un giorno creduti fulmini, onde il loro nome di *Belemnites.* Nell'estremità opposta alla punta si insinua un cono acuto, diviso in molte loggie, communicanti fra loro per mezzo di un tubetto o sifone. Questa specialità, che avvicina le belemniti ai nautili ed alle spirule viventi,

[1] Gli strati giuresi, p. es. certi strati del lias di Whitby, sono talvolta quasi un impasto di rostri di *Belemnites*.

fece riconoscere in esso un genere di cefalopodi. Quel corpo lanceolato era una specie di osso di sepia, meglio un rostro, in cui si terminava un mollusco simile alla sepia. Il cono interno, o alveolo concamerato, è una cavità che serviva alla belemnite, come serve la conchiglia concamerata al nautilo, come la vescica natatoria ai pesci.

750. Il rostro, così compatto o robusto, faceva, secondo d'Orbigny, l'ufficio per la *Belemnites*, che per le navi l'antenna che sporge sulla punta della prora. Le sepie, che rappresentano tra i viventi il genere più affine alle belemniti, sogliono muoversi dall'avanti all'indietro, con islanci violenti e repentini. Abitatori de' littorali, le mostruose belemniti potevano forse così, nelle loro mosse retrograde, sfracellarsi contro gli scogli. Ma il rostro, sporgente nella parte posteriore dell' animale, subiva il primo urto, a difesa delle parti molli. È un fatto intanto, che i rostri trovansi sovente rotti, contorti, in mille modi sconciati, o dicon chiaro che si trattava di una parte indifesa, soggetta a mille accidenti.

Nella figura 94 è rappresentato il rostro del *Belemnites quinque-sulcatus*. La porzione anteriore, sezionata ad arte, mostra la struttura radiare della parte piena e le concamerazioni della parte vuota, cioè dell'alveolo, che trovasi generalmente riempito di sostanza minerale, talchè staccasi facilmente dal rostro, come un fossile a parte.

Fig. 94.
Belemnites quinque-sulcatus Blain. (Oolite inferiore).

751. I vermi e i crostacei offrirebbero interessanti particolarità, ma, in genere, si avvicinano già alle forme attuali. Merita però speciale menzione il genere *Aptychus*, come eminentemente caratteristico dell'epoca giurese, nella quale nasce, si sviluppa e si spegne, salvo alcune specie che si scoprono ancora nella creta inferiore.[1] Gli *Aptychus* (fig. 95) si piglierebbero a prima vista per conchiglie bivalve. Presentano infatti due valve triangolari, eguali, destinate a chiudersi l'una sull'altra. Ma delle bivalve non hanno nè la cerniera, nè le impressioni

[1] Si citano degli *Aptychus* più antichi del giura; ma io ne credo falsa la determinazione.

muscolari, nè il modo di accrescimento, avendo, al contrario delle bivalve, il maggiore spessore sul labbro della conchiglia, e il minore al vertice, ossia all'uncino. Si vollero da taluni opercoli, da altri pezzi mascellari, infine pezzi accessori di ammoniti. L'opinione è sostenuta specialmente in Germania, dove gli *Aptychus* si trovano sovente associati agli ammoniti. Ma ci spieghino come mai troviamo in Lombardia strati zeppi di *Aptychus* senza un ammonite, e strati pieni di ammoniti senza un *Aptychus*? Come mai gli strati ad *Aptychus* appartengono all'*Oolite*, mentre gli strati ad *Ammonites* appartengono al *lias*? Finchè questi fatti non siano spiegati, reputeremo un assurdo questa identificazione dei due generi. Riteniamo invece come la più probabile l'opinione di d'Orbigny, che classifica il genere *Aptychus* tra i crostacei cirripodi, e vi riconosce una stretta affinità colle viventi *Anatife*, crostacei muniti di più valve, fissi ai corpi marini per mezzo di un peduncolo.

Fig. 95.
Aptychus lamellosus Voltz.

752. Continuando sommariamente la rassegna della fauna giurese, ci troviamo agli insetti. Gli insetti abbondano ed hanno rappresentanti di tutti i loro ordini, compreso quello dei *Lepidopteri* (farfalle), di cui sarebbesi trovato una specie negli strati di Solenhofen.

753. I pesci meriterebbero un posto un po' più largo di quello che lor possono concedere le angustie di queste pagine. L'ordine dei *Placoidi*, che contiene la raja, il pesce-sega, ecc., è abbondantissimo nei terreni giuresi: l'ordine dei *Ganoidi* poi, che contiene lo storione e un gran numero de' nostri pesci a pelle liscia, rivestiti di squame lucenti, attinge il suo *maximum* nei terreni giuresi, dove vanta 35 generi, a fronte de' 17 che vivono attualmente. Manca ancora l'ordine dei *Cicloidi* (anguille, salmoni, aringhe, luccio, pesce-spada, ecc.). Lo stesso dicasi dell'intero ordine dei *Ctenoidi* e dei *Pleuronectidi*. Ecco adunque come tre interi ordini di pesci, che oggi si pigiano a mille a mille nell'ampiezza de' nostri mari, non vantavano ancora un solo rappresentante nei mari d'allora. Lo spettacolo della creazione ha bisogno di rifarsi di tanto difetto sopra altre classi di animali.

754. I rettili sono chiamati all'uopo. Dana chiama il periodo giurese, il *meridiano dei rettili*. L'espressione va però intesa soltanto relativamente all'ordine de' *sauri*, che comprende le lucertole, i coccodrilli, ecc. Ma non aspettatevi così presto nè i generi nominati, nè gli altri, che popo-

lano in oggi i fiumi e le foreste dei tropici. Alcuni tipi si staccano tanto dai viventi, che appena si oserebbe tentare fra di loro un avvicinamento. Hannovi forme bizzarre, straordinarie; strutture che si ribellano, direi quasi, alle leggi della organizzazione, quali le desumiamo dalle faune attuali, del pari che dalle estinte. L'immensa mole di molti si aggiunge alla stranezza delle forme, per crescere l'originalità di quei mostri degli antichi mondi.

755. Il *Teleosaurus* (fig. 96), esclusivo de' terreni giuresi, aveva il muso sottile e gli altri caratteri del gaviale, ma sterno da cocodrillo; una

Fig. 96. *Teleosaurus* o gaviale del lias ristaurato da Owen.

specie misurava 5 metri. Ad esso si avvicinavano i *Mystriosaurus*, di cui si citano 14 specie del lias superiore; un *Dinosaurus*, lungo da 50 a 60 piedi, ed altri generi spenti, che hanno analogia col cocodrillo e coll'alligatore, soli superstiti di una sì numerosa famiglia di *Cocodrillidi*. Viene la seconda famiglia dei *Megalosauridi*, tutta composta di generi estinti, che ci appare nei terreni giuresi, mostrandoci i mostruosi *Megalosaurus*, rettili terrestri, carnivori, ad una specie de' quali Dana assegna la lunghezza di 30 piedi. La terza famiglia, dei *Lacertidi*, conta pure diversi rappresentanti nel Giura, tra cui l'*Enaliosaurus*, lucertola lunga da 15 a 50 piedi, secondo Dana. Ma la famiglia, che si può dire essenzialmente e quasi esclusivamente giurese, e in cui si concentrano le maraviglie dell'epoca, è quella degli *Ittiosauridi*.

756. I principali generi, costituenti la famiglia degli *Ittiosauridi*, sono l'*Ichthyosaurus*, già apparso nel periodo del trias superiore, ma che gode d'immenso sviluppo nell'epoca giurese, e il *Plesiosaurus*. Immaginatevi nell'*Ichthyosaurus* (fig. 97) la forma di un delfino, che si allunghi fino a

Fig. 97. *Ichthyosaurus* ristaurato.

40 piedi; ma ha testa di ramarro, colle immense occhiaje circolari, che in una specie misurano ben 38 centimetri di diametro; denti formidabili

di coccodrillo; vertebre di pesce; sterno di ornitorinco; natatoje di balena o di delfino. Gli *Ichthyosaurus* erano dunque indubbiamente acquatici e carnivori, nati fatti per essere gli assassini del mare. I *Plesiosaurus* (fig. 98)

Fig. 98. *Plesiosaurus* ristaurato.

offrono qualche cosa di più mostruoso ancora. Alla testa di ramarro e ai denti di coccodrillo aggiungevano un collo, la cui lunghezza era enorme, simile al corpo di un serpente. Mentre gli altri rettili non contano che da 3 ad 8 vertebre del collo, questi ne noveravano 33. Il tronco e gli arti non differivano gran fatto da quelli di un *Ichthyosaurus*, salvo che avevano le coste da camaleonte. Facili al nuoto, sporgendo l'immense collo dall'onde, non avevano che a lanciare la testa a me' do' cigni sulla preda. Di 21 specie di *Plesiosaurus* note finora, secondo Dana, 12 appartengono al lias e 7 all' oolite. I *coproliti*, ossia gli escrementi di quei rettili straordinari, sono sparsi in tal copia in alcuni strati d'Inghilterra, che essi strati si piglierebbero per campi seminati di patate. La forma dei *coproliti* dell' *Ichthyosaurus* rivela un intestino contorto a spirale come quello de' pesci.

757. Ma ancora più strana è la famiglia dei *Pterodattili*, che comprende i generi *Pterodactylus* e *Dimorphodon*. Il *Pterodactylus* è una delle più curiose maraviglie degli antichi mondi. Medio tra le lucertole e il pipistrello, porta sul lungo collo quasi una testa d'uccello, armato il rostro di lunghi denti acutissimi, quali son propri dei rettili. Tozzo il torso, la coda cortissima. Le membra anteriori e posteriori, organizzate per il volo, offrono una grande analogia colle ali di pipistrello. Evidentemente una membrana era distesa fra le lunghissime dita dell'animale, come vediamo ne' pipistrelli. Ecco negli antichi mondi verificata la favola dei draghi volanti. Ma che orribili mostri!... Il *Pterodactylus giganteus*, specie della *creta*, ove quella mostruosa famiglia si spegne, vantava una lunghezza di oltre a due metri. Il *Dimorphodon macronyx* (fig. 99), del lias inferiore di Lyme Regis, non differisce dal *Pterodactylus* che per alcune specialità, sulle quali Owen si credette in diritto di fondare un genere nuovo. Era lungo due piedi.

758. Sorpassiamo gli uccelli, troppo difficili a rinvenirsi negli strati ter-

restri, di cui tuttavia scoprironsi recentemente preziosi avanzi ne' famosi strati litografici di Solenhofen,[1] e veniamo ai mammiferi, che ci offrono qualche cosa di ben interessanto per rapporto alla storia della animalizzazione del globo. La mole e l' organizzazione dei mammiferi giuresi cor-

Fig. 99. *Dimorphodon macronyx* Owen (Lias inferiore).

risponde assai bene all' idea dei primi incunabuli. Sono piccole specie appartenenti agli infimi ordini. Il prototipo dei mammiferi appare precisamente sui primordî dell' epoca, stratigraficamente alla base dei terreni giuresi, nella zona inferioro dell' *infralias*.[2] È il famoso *Microlestes antiquus*, di cui, per vero dire, non si scopersero che alcuni denti. Il *Microlestes* poteva aver la grossezza di una talpa. Owen lo ritiene affino probabilmento ai *Myrmecobius*, marsupiali viventi nell'Australia. Più recentemento trovossi che il *Microlestes antiquus* viveva con duo specie sorelle, il *M. Moorei* e il *M. Rhœticus*. Coll' oolite, e precisamente negli *strati di Stonesfield*, appajono altri mammiferi; ma sono ancora marsupiali (due specie di *Amphi-*

[1] Vi si scoperse recentemente un uccello quasi intero, collo suo penne, o chiamossi *Archæopteris lithographica*. Ha qualche affinità coi galli, ed offre la specialità di una coda composta di venti vertebre, munita di grandi peune, cho l'animalo doveva trascinare a mo' di scopaccio.

[2] Nella Carolina dol Nord si scoprirono avanzi di *Dromatherium sylvestre*, nei quali Owen riconoscerebbe un mammifero, analogo anch' esso, com e *Mycrolestes* dell' infralias, al *Myrmecobius* viventi in Australia. È incerto: secondo l'espressione stessa di Owen, se trattisi di specie triasica, piuttosto che giurese. L'analogia del *Dromatherium* coi *Mycrolestes* rende affatto probabile cho i duo appartengono allo stesso orizzonte, tanto più che i geologi inglesi, in genere, beochè a torto, ascrivono al trias il bone-bed degli strati ad *Avicula contorta*. Io credo irrecusabili gli argomenti coi quali ho dimostrato (*Paléont. Lomb.*, IV^{e} série), che, gli strati ad *Avicula contorto* e tutto l' infralias appartengono all'epoca giurese. Nulla adunque che non ci confermi pienamente nell' idea, che, se l'epoca triasica fu salutata dalla comparsa degli uccelli, l'epoca giurese lo fu dalla apparizione de' mammiferi.

therium e un *Phascolotherium*) ad eccezione di un *Stereognathus*, genere d'incerta sede. Un vero sciame di marsupiali si svolge, sulla fine dell'epoca giurese, dagli strati Purbeck: 2 *Spalacotherium*, 1 *Dromatherium*, 2 *Amblotherium*, 2 *Peralestes*, 2 *Achyrodon*, 1 *Peraspalan*, 1 *Peramus*, 2 *Stylodon*, 4 *Triconodon*, I *Triacanthodon*, 3 *Plagiantax*. A questi marsupiali aggiungasi 1 *Bolodon*, d'incerta sede: in tutto quindi 23 specie di mammiferi.[1]

759. L'estensione immensa occupata in oggi dai terreni giuresi in Europa non ci permette di supporcela altrimenti, che come un sistema insulare, assai scarso, como un rado arcipelago. L'Italia, e il sistema delle Alpi scompajono, salvo forse alcuno isolate scogliere. Questo principalmente, se parliamo dei periodi dell'*infralias* che stendendosi a tutta Europa da nord-ovest a sud-est, vi accusa un mare non interrotto; e del *lias* che, col suo immenso spessore e colla scarsità de' fossili nelle vaste regioni delle Alpi, accenna a mari di grande profondità. Durante i periodi dell'oolite, le frequenti alternanze, che si osservano, specialmente in Inghilterra, indicano, dice Dana, numerose oscillazioni di mare aperto, di bassi fondi, e di terre a mezzo emerse. Nello stesso senso si esprimono Lyell ed altri geologi. Estesi banchi di corallo danno all'Europa l'aspetto degli arcipelaghi indiani ed australi. Più tardi, i bassi fondi o i piani emergenti crescono e divengono regioni di laghi, di estuarî, di foreste, ove formicola la più schifosa e formidabile progenie di rettili giganteschi che giammai si mostrasse sulla faccia della terra. Tale è, nelle idee di Dana, la storia dell'Europa nell'epoca giurese. Il tratto geografico più caratteristico sarebbe indicato dai terreni giuresi che, allineandosi sopra una zona continua, attraverso la Gran Brettagna, dirigendosi da nord-est a sud-ovest, stretti tra i terreni più antichi che restano ad ovest o i più moderni che rimangono ad est, e continuandosi coi terreni giuresi del nord della Francia, disegnano un grande deposito littorale, ove si terminava un gran mare nord-est, ossia, come dice Dana, un *oceano germanico*.

760. Volendo allargare l'orizzonte giurese oltre i confini dell'Europa, urtiamo contro la massima delle difficoltà: il difetto di cognizioni. Nessuna serie di terreni fu nè così profondamente studiata in Europa, nè così superficialmente altrove. Sappiamo soltanto che più regioni dell'Asia sono occupate dai terreni giuresi; che essi furono riconosciuti da Clarke in

---

[1] Tutti i citati mammiferi dell'infralias, dell'oolite e del Purbeck, sono descritti da Owen nella sua recente *Monograph of the fossil Mammalia of the mesozoic formations* (*Palæont. Soc.*, 1870). Che siano tutti, quasi senza eccezione, marsupiali, Owen lo desume dalla forma de' denti. Notisi che non descrive che mascelle e denti isolati.

Australia; che si allineano in più regioni lungo le Ande, a partire dalla Terra del fuoco.

Nell'America del nord molti depositi furono assegnati all'epoca giurese; ma, vuoi per difetto di studî, vuoi per scarsità di fossili e oscurità di orizzonti, non si ottennero che mediocri risultamenti. Giuresi però furono riconosciute diverse località nelle Montagne di Roccia e nelle regioni artiche, ove i calcari marnosi, bianchicci, presentano uno spessoro di 50 a 1000 piedi, secondo le località. La fauna giurese del Nord-America non lasciò, per quanto povera, di presentare alcune specie europee, come il *Belemnites paxillosus*, l'*Unio liasinus* e forse l'*Ammonites biplex*. Vuolsi che quest'ultimo si trovi anche nelle Ande del Chili, o al Perù, presso l'equatore.

Dal modo di presentarsi dei letti giuresi lungo i Black-Hills o i Monti di Roccia, Haydon e Meek hanno inferito, che essi soggiaciono ai terreni cretacei, espansi sui fianchi delle catene, e che esse catene non emersero che quando l'epoca della creta era trascorsa. Anzi, mentre in epoca più antica, cioè nel trias, trovammo un mare interno ed un basso fondo; durante l'epoca giurese quelle regioni si sarebbero depresse ancor più, finchè le acque del mare interno communicassero direttamente coll'oceano, e la vita marina si spandesse un'altra volta, dopo gli antichissimi tempi, sopra le Montagne di Roccia, coprendo la regione verso ovest, da Kansas fin oltre la sommità della catena.

761. Con sì scarsi elementi geografici e paleontologici, non è egli temerario ogni tentativo di universalizzazione, per rapporto alle conclusioni che si possono dedurre circa l'animalizzazione e la climatologia del globo? Eppure, quel poco conferma i due fatti già sanciti per l'epoche precedenti, cioè: 1.° il minore accantonamento delle faune; 2.° una diversa distribuzione, o, meglio, una più equa ripartizione della temperatura che si traduce nel fatto di una temperatura più alta dell'attuale, nelle regioni fredde o temperate.

762. Per l'uno e per l'altro fatto sta, intanto, che due specie sono citate dal Dana, le quali erano communi alle regioni artiche, alle Ande del Sud-America ed all'Europa. Si può dare una maggiore universalizzazione di faune e di clima corrispondente, se esse fossero rappresentate da quelle due specie, *Belemnites paxillosus* e *Ammonites biplex?*

Aggiungerò a riprova, come in un bacino carbonifero, che riempie una depressione del granito nella Virginia (Stati Uniti), riferito all'epoca giurese da Roger e da Lyell, si scopersero l'*Equisetum columnare* e il *Pecopteris Whitbyensis*, due piante che si mostrano pure negli strati oolitici del Yorkshire (Inghilterra). Del resto nessun fatto depone per una

distribuzione della temperatura per zone, come attualmente; mentre tutto attesta come il clima delle artiche regioni era, per lo meno, tra il torrido e il temperato (*Warm-temperate* lo chiama il Dana).

763. Veniamo ora alle particolarità di ciascuna delle numerose formazioni che costituiscono la serie giurese. Noi lo abbiamo distribuito in tre grandi gruppi:

1.° Infralias, 2.° Lias, 3.° Oolite.

Ciascuno di essi gruppi è suddiviso in zone, o gruppi secondarî, che descrivo successivamente, attenendomi fedelmente a quella parte della *Tavola sinottica dei terreni*, che riguarda appunto la distribuzione dei terreni giuresi (pag. 161).

764. Infralias. — L' *infralias* o *piano infraliasico*, come io l'ho chiamato ne' miei scritti in proposito,[1] comprende tutti i depositi, che, partendo dal calcare a *Gryphæa arcuata*, ossia dalla base del lias inferiore, discende fino agli strati superiori del trias. Lo distinguo in superiore e inferiore, basando una tale distinzione sopra caratteri petrografici rispettivamente diversi, e più sopra l'esistenza di due faune distinte ed assai ricche. Alcune specie però sono communi ai due gruppi; anzi alcune ascendono fino al lias. Linsiche infatti sono le seguenti specie, che pur si scoprono, a detta degli autori, nelle formazioni infraliasiche più profonde:

Lima punctata	Pecten liasinus
» gigantea	Terebratula cornuta
Nucula complanata	Spirifer rostratus
Pinna folium	» Münsteri.

Gli studi sulla ricchissima fauna del gruppo inferiore, che si presenta nelle Alpi, e specialmente in Lombardia, confermarono appieno le viste de' geologi, i quali riconobbero nei depositi infraliasici gli esordî della grand'epoca giurese; contro il modo di vedere di altri, che, tratti da alcune analogie, volevano riconoscervi la fine dell' epoca del trias. Di ciò meglio quando toccheremo de' singoli depositi.

Lo spessoro totale dell'infralias si può calcolare nelle Prealpi lombarde, dove attinge il suo *maximum*, di 300 a 400 metri e talora anche di 500 a 600.

765. *Infralias inferiore* o *strati ad Avicula contorta*. — Gli studi sopra questo gruppo rimontano ad epoca molto recente, sono anzi di tutta attualità. Nelle memorie dei più moderni geologi troverete fatta menzione sovente del *Bone-bed* e degli *Strati ad Avicula contorta*. Sono

[1] *Paléont. lomb.*, 2.e Série.

due sinonimi dell' infralias inferiore che accennano a due quasi immancabili caratteristiche, per cui il gruppo in questione venne a segnare, forse, il più esteso, e il più netto orizzonte della geologia europea. *Bone-bed* è parola inglese, che si traduce *letto ad ossami*. Da lungo tempo infatti si erano scoperte in Inghilterra delle marne oscure, riposanti sulle marne rosse (*New-Red*, *Keuper*), fra le quali distinguevasi uno strato di pochi centimetri, ove erano disseminati, confusamente, ossa, squame, denti di pesci e di rettili in gran copia. La località più ricca di quegli avanzi è Aust-Cliff presso Bristol. Col progresso delle osservazioni si venne a sancire, come *il letto ad ossami* si svelasse, sempre allo stesso livello, ovunque si scoprissero terreni giacenti tra il lias e il trias. Nel Vürtemberg, singolarmente, Plieninger potè raccogliere dal bone-bed molti avanzi determinabili di rettili e di pesci, e, quel che è più, le reliquie del più antico tra i mammiferi, il famoso *Microlestes antiquus*, di cui abbiamo già detto.

Fig. 100. *Avicula contorta* Portl. (Infralias inf.).

766. Più e più si estese l'orizzonte del bone-bed, e ormai è riconosciuto dovunque nell'Alsazia, nel Luxembourg, in Borgogna, nel dipartimento del Giura, nelle Alpi della Savoja, nella Provenza, nella Svevia, nella Lombardia, ecc. Da quanto si potè raccogliere finora si rileva, come il fondo del mare, ove era sommersa quasi tutta l'Europa nell'epoca infraliasica, fosse un tempo letteralmente seminato di reliquie organiche, non già di animali interi, come è il caso ordinario dei depositi fossiliferi, ma di lacerti: anzi vi ha motivo di ritenere, che, per buona parte quelle reliquie non siano che le parti più solide di materie fecali, tanto sono esse minute e sperperate in disordine in frammenti irriconoscibili. Si è già discusso precedentemente sull'origine di questi bone-bed, che si incontrano a diversi livelli nella serie stratigrafica. Io non sono lontano dal credere che segnino le vie delle antiche migrazioni dei pesci. Prego il lettore di rivedere in proposito i §§ 213-245.

Fig. 101. *Plicatula intusstriata* Emm. (Infralias inf.).
A. Vista dalla parte della valva superiore concava.
B. Vista dalla parte della valva inferiore convessa.
C. Valva superiore disegnata in grandezza doppia del vero.

767. Più ancora del bone-bed è caratteristica dell' infralias inferiore una piccolissima conchiglia detta *Avicula contorta* (fig. 100). È una conchigliuccia, il cui diametro maggiore è di circa due centimetri, composta di una valva maggiore, convessa, ripiegata in forma di virgola, adorna di un gran numero di coste, e di una valva minore piana. Fu vantato il valore della *G. arcuata* come orizzonte geologico; ma l'*A. contorta* la vince sotto questo rapporto. Trovata dapprima da Portlok negli strati di Portrush in Irlanda, la si vide ben presto passare dalle isole al continente, far sosta in mille punti, mostrandosi ovunque copiosa, e costante nella sua fisonomia eminentemente specifica.

Fig. 102. *Gervillia inflata* Schaf. (Infralias inf.).

Da ciò il nome di *strati ad A. contorta*, con cui suole designarsi il gruppo dell' infralias inferiore, cui l'*A. contorta* rivela in tante disparatissime località. Scopresi infatti a Digne, Dijon, Vizille, nelle Alpi della Savoja, e, in genere, sul versante nord est delle Alpi; nel cantone dei Grigioni, nel Lechthal, nelle Alpi della Baviera, dell' Austria, della Svevia, ovunque nelle Prealpi lombarde, ecc. Altre specie le si associano quasi costantemente, divenendo altrettante caratteristiche, pronte a supplirla quand' essa manchi. Fungono singolarmente a tale ufficio le seguenti specie:

Phaladomya lagenalis
Cardium cloacinum
Cardita austriaca
Neoscizodus posterus
Anatina præcursor

Mytilus Schafhäutli
Plicatula intusstriata (fig. 101).
Gervillia inflata (fig. 102).
Terebratula gregaria (fig. 103).
Bactryllium striolatum.

768. Sulle tracce di tali caratteristiche si potè prospettare, come dissi, forse il più esteso orizzonte della geologia europea. Gli strati ad *A. contorta* infatti si mostrano sopra una vasta zona, che, dal nord dell'Irlanda e dal mezzodì d'Inghilterra passando sul continente, occupa le regioni settentrionali della Francia e dell'Italia, compreso il Golfo della Spezia, le meridionali della Germania, dilatandosi sopra i due versanti delle Alpi, e dividendo quasi per mezzo l'Europa, svolgendosi, quasi non interrotta, dalle Isole Britanniche all'Ungheria, dall'Atlantico al Mar Nero. La potenza degli strati ad *A. contorta* è molto varia. A Coomb Hill e a Wainlode Cliff non è che di 9 a 15 piedi; di 8 a 11 a Esslingen: a Nürtingen sul Krammerberg e ad Hindelang uno spessore di 30 a 40 piedi, o di 50 piedi a Matringe in Savoja. Ma il regno degli strati ad *A. contorta* sono le Prealpi lombarde, sia per la ricchezza della fauna, sia per l'imponenza della formazione. In Lombardia gli strati ad *A. contorta* hanno 600, 800 e fin 1000 piedi di spessore.

Fig. 103. *Terebratula gregaria* Suess (Infralias inf.).

Fig. 104. *Pyxidophyllum Edwardsii* Stopp. (Infralias inf.).

769. Gli strati ad *A. contorta* costituiscono, in genere, una formazione calcareo-argillosa. Infatti, benchè le arenarie siano talora prevalenti, come in Francia o nella Svevia; tuttavia le roccie calcaree, argillose, bituminose, arenacee, schistoso, non mancano mai, ed hanno dominio esclusivo in Inghilterra, sui versanti nord-est e sud ovest delle Alpi, nelle Alpi bavaresi ed austriache, e sopratutto, dove attingono il massimo spessore, nel Tirolo, nel Vorarlberg e in Lombardia.

770. La fauna degli strati ad *A. contorta* è in genere piuttosto povera e limitata. Non si può dire veramente ricca che in Lombardia. Ne diremo alcune particolarità, parlando delle due zone in cui si possono suddividere. Noteremo come carattere negativo la mancanza quasi assoluta dei cefalopodi. Non un solo *Ammonites* in una fauna chiusa tra due (quelle del lias e del trias superiore) che ne ridondano. Solo alcuni *Belemnites* (tre grami esemplari) si scopersero in Savoja, che mi servirono a stabilire il *Belemnites infraliasicus*, specie incompletamente definita.

771. Interessa invece assai la geologin teorica, e specialmente le qnistioni relative alla animalizzazione del globo, l'osservaro cemo questi strnti, cbe segnano i confini tra l'epoca triasica e l'epoca giurese, presentino un carattere miste, aggiungane, cioè, ai caratteri prevalenti di una fanna liasica alcuni di unn fauna triasica. Il genero *Myophoria*, p. es., è un genere eminentemente triasice. Cesì dell'*habitus* triasico sone le avicnle, della sezione delle *griphæate*, a cui appnrtengone l'*A. inæquiradiata* e la stessa *A. contorta*. Anche alcune specie di vertebrnti del bene-bed sono decisamente affini n specio triasiche, e Plienienger giunse ad indicare 4 specio communi al bone-bed e al mnschelknlk (trias medio). Ma Oppel ritione affatto incerte tali determinazieni di specie, facendo esservare inveee, come altri di qnei vertebrati abbiano decisa nffinità cen specie liasiche, e ceme, in diverse lecalità, gli avanzi del bene-bed si innalzine fin dentro la zona nd *Ammonites planorbis*.

Mille altri anelli di analogia unisceno poi gli strnti ad *A. contorta* al lias. Negli strati ad *A. contorta* appaione i primi mammiferi (*Microlestes antiquus*, ecc.), il primo pesce del genere *Sphærodus*, il primo *Belemnites* (*B. Infraliasicus*), il prime echinoderme della sezione degli ecbini irregelari (*Metaporinus Favrii*). Oltre a ciò una fella di autori si accerda nell'accennare specie degli strati ad *A. contorta*, che invadeno lo zone superiori ad *A. angulatus* e *A. planorbis*, e viceversa. Per esempio, il signor Martin trovò nelln zena ad *A. contorta* della Côte-d'Or 12 specie appartenenti alle *lumachelle* (zona ad *A. planorbis*), e 10 appartenenti al *Foie-de-veau* (zona ad *A angulatus*). Diverse specie decisamente liasiche, e alcuna fin degli strati dell'oolite, si trovano negli strati ad *A. contorta*. Eccene nn bnon uumero, dagli autori, o da me stesse raccolte:

Cardium philippianum
" cucullatum
Corbis depressa
Nucula Hausmanni
" subovalis
Leda complaunta
" claviformis
Pinna folium
Pecten liasinus

Mytilus Psilonoti
Lima pnnctnta
" gigantea?
Ostræa nodesa
" palmetta
" costnlata
Spirifer Münsteri
" rostratus.

772. Concbiudendo, nei abbinme tutti gli estremi per ricenescere nell'iufrnlias, o specialmeute nell'infralias inferiore, un periodo di trnnsizione tra le dne grandi epeche dei terreni giuresi e dei terreni triasici; un anello di congiunziono; un qualche cesa, cbe nccenna a trnsformazioni graduate delln auimalizzazione del globe. È nn problemn meritevole di

studio; ma la sua soluzione non si troverà certo nella teorica immaginaria di Darwin.

773. La distinzione dell' infralias inferiore in due zone fu da me stabilita soltanto dietro le osservazioni fatte nelle Prealpi lombarde. Qui, dove il complesso degli strati ad *A. contorta* è così sviluppato, si distingue assai bene una zona superiore, costituita quasi esclusivamente da una alternanza di marne chiare e di calcaree molto compatte. Si può quindi definire una zona calcareo-marnosa. Inferiormente invece si scoprono dei calcari neri, delle lumachelle, e più di tutto degli schisti neri, fissili, argillosi, dello spessore di centinaia di metri. Diverse valli lombarde, come le valli Imagna, Brembilla, Taleggio, sono quasi interamente dovute all'erosione di tali schisti, d'una formazione, cioè, che si mantiene allo stato di continuo sfacelo. Quelle due zone offrono ciascuna una fauna a sè. Molte specie però, e tra queste le più caratteristiche, si associano tanto all'una come all'altra fauna, e sono:

Pholadomya lariana	Mytilus Psilonoti
Cardita austriaca	„ Schafhäutli
Cardium philippianum	Avicula contorta
Pinna miliaria	„ gregaria
	Gervillia inflata (fig. 102).

774. *Zona a Bactryllium striolatum.*— Questa zona è eminentemente fossilifera, ma la sua fauna è assai meno brillante e meno ricca di specie di quella della zona superiore. Vi si distinguono alcuni bellissimi gasteropodi dei generi *Turbo*, *Stomatia*, *Cerithium*, ecc.; molti piccoli acefali, sui quali domina la *Plicatula Archiaci*, specie di ostrica assai larga e compressa che, a foggia delle viventi ostriche mangerecce, costituiva dei veri banchi a sè. Ma la curiosità dell'epoca, per così dire, sono certi microscopici corpicini, che sarebbero passati inosservati, se non fossero caduti sotto gli occhi di due fra i più oculati osservatori: Escher, che li raccolse, ed Heer, che ne fece la diagnosi e l'anatomia. Separando l'uno dall'altro i fissili straterelli, che formano sterminate masse nelle valli lombarde, vi accadrà facilmente di osservarne la superficie chiazzata quasi di macchie carboniose, lucenti. Sono i *Bactryllium*, corpuscoli in forma di bastoncini, ottusi, arrotondati alle estremità, cavi nel mezzo, e adorni esteriormente di strie e di scannellature. Il *Bactryllium striolatum*, da cui la zona è nominata, ha tutt'al più circa due linee di lunghezza, e mezza linea di larghezza. È disseminato a milioni sulla superficie degli schisti neri in Lombardia, e si estende allo stesso livello altrove, come nel Lechthal, in riva al lago di Ginevra, nel golfo della Spezia, ecc. È dunque emi-

nentemente caratteristico. I *Bactryllium* sono organismi provveduti di vagina silicea, probabilmente *Diatomee*, conosciuti finora nell' infralias inferiore e negli strati del trias superiore, che immediatamente lo precedono.

775. *Zona a Terebratula gregaria.* — È la zona superiore, calcarea, caratterizzata dalla presenza della *Terebratula gregaria* (fig. 103), che vi è sparsa a miriadi, fino a costituire banchi a sè. Questa zona è la più ricca di fossili, e la sua fauna si può dire veramente brillante. Ad essa appartiene il *banco madreporico*, cioè il banco (forse più banchi) di corallo, che attraversa tutta la lombardia da nord-est a sud-ovest, mantenendo uno spessore di molti metri, e offrendo tale ricchezza di polipai, che io credo d' esser ben lungi dall' avere esaurita colle mie pubblicazioni. Predominanvi le *Rabdophyllia*, dal polipaio ramoso, nate fatte per fabbricare immense foreste sottomarino; ricco materiale di masso continentali, che emersero o emergeranno dal mare. È poi singolare che, mentre i polipai convengono, per la maggior parte, coi generi, i quali popolano la *formazione corallina* ed altre zone giuresi, alcuni non troverebbero compagni che in terreni assai più antichi dell' infralias. Noto il genere *Cyatophyllum*, e il nuovo genere *Pyxidophyllum* (fig. 104) appartenenti a *Zoantari rugosi*, sezione di zoofiti, che si ritennero finora retaggio esclusivo de' terreni paleozoici. L' eccezione merita riflessi.

Negli strati lombardi trovai pure un osso di rettile della sezione dei coccodrilli, un avanzo di tartaruga, denti di pesci (*Cyclodus*), un certo numero di Gasteropodi, una bella serie di Acefali e diversi Echinidi del genere *Cidaris*, ecc.

776. *Infralias superiore*, o *strati a fauna di Hettange* — Nelle Alpi austriache, nelle Prealpi lombarde, e, in genere, nelle Alpi principali, scopresi, sotto agli strati, caratterizzati dalla fauna del *lias inferiore*, una massa calcarea, o calcareo-dolomitica, che fu nominata dai geologi austriaci *calcare del Dachstein* (Dachsteinkalk), perchè svilappatissimo, secondo loro, in quel gruppo di montagne cui sovrasta la cima del Dachstein. Scarsa di fossili determinabili, presentava quella massa, come caratteristica, una grossa conchiglia bivalva, la quale, per non essere ancora bene specificata, fu detta *bivalva del Dachstein*. Non essendo ben definite le specie, e trovandosi diverse grosse bivalvi in terreni a ben diverso livello, ne venne una confusione, la quale nocque assai ai progressi della geologia alpina, e quindi della geologia generale. L'orizzonte dell'*infralias superiore* venne confuso con quello degli *strati a Megalodon Gümbelii*, zona triasica già descritta. Lo scritto da me pubblicato col titolo di *Appendice sulle grandi bivalve cardiformi ai limiti superiori e inferiori degli strati ad*

Avicula contorta[1], è tutto diretto a sbarazzare la scienza dalle conclusioni, derivate da determinazioni paleontologiche troppo precipitate. Risulta dal citato scritto, come esista infatti nelle Alpi e nelle Prealpi una zona calcarea, sottomessa al calcare del lias inferiore. Quella zona non ha in Lombardia uno spessore maggiore di 50 metri. È ricca di coralli ed altri fossili; ma vi abbonda, talora singolarmente, una grossa bivalva, in cui riconobbi un genere affatto nuovo. Nominai quella bivalva *Conchodon infraliasicus*. Ha esternamente la figura di un *Cardium;* ma il legamento è interno, collocato in una gran fossa laterale; la cerniera è composta di un gruppo complicatissimo di denti, fra i quali spicca un gran dente in

Fig. 105. *Conchodon infraliasicus* Stopp. (Infralias sup.)

forma di cucchiajo, da cui presi il nome del genere. La figura 105 presenta questa grossa conchiglia ridotta a circa un terzo della sua grandezza naturale.

La scarsezza de' fossili non permette ulteriori suddivisioni di questa massa nelle Alpi o nelle Prealpi. Se invece consideriamo i terreni inferiori immediatamente al lias nella Baviera, nella Svevia, nel Luxembourg, nei dintorni di Hettange, e nella Côte-d' Or in Francia, nell' Inghilterra, ecc. troviamo di stabilire nell' *infralias superiore* due lucidissimi orizzonti, ossia due zone ben distinte. Sono le seguenti:

[1] *Paléont. lomb.*, 2.ª série.

777. *Zona ad Ammonites angulatus.* — In alcuni strati arenacei di Hettange e del Luxembourg, il signor Terquem raccolse una splendida fauna quasi interamente nuova, non però tanto che non contenesse un certo numero di specie liasiche. Basti citare il *Cardium philippianum*, la *Lima punctata*, la *Pinna Hartmanni*, ecc. Ciò che tuttavia affratella la fauna di Hettange ad altre molte scoperte altrove, sicchè le raduna sotto il proprio orizzonte, è l' *Ammonites angulatus*, specie assai caratteristica, che trova ovunque il suo posto sotto il *calcare a G. arcuata*, in Germania e in Francia.

A buon diritto adunque Oppel diede a quel prezioso orizzonte il nome di zona ad *A. angulatus*. Siccome poi la fauna di Hettange trova alcuni rappresentanti nella zona che immediatamente le sta sotto (*Cardinia Listeri*, *Unicardium cardioides*, *Lima punctata*, *Lima pectinoides*, *Mytilus lævis*), così io distinsi sovente l'*infralias superiore* col nome di *strati a fauna d'Hettange*. La fauna di Hettange venne poi grandemente accresciuta dalle scoperte fatte dal signor Martin in un deposito della Côte-d'Or, detto Foie de-veau, dove pure si scopre l'*A. angulatus*. La stessa zona compare sul Mont-d'Or nel Lionese.

778. *Zona ad Ammonites planorbis.* — Inferiormente alla zona precedentemente descritta scopresi un' altra zona calcareo-arenacea, caratterizzata dall' *Ammonites planorbis*. Questa specie di ammonite traccia un orizzonte ancora più esteso e più sicuro che non l' *A. angulatus*. L' *A. planorbis* infatti si mostra forse in tutte le citate località di Germania e di Francia; ma si estende anche all' Inghilterra, sicchè può dirsi la specie più caratteristica dell' infralias superiore.

Del resto le due zone citate formano un solo complesso, che sta sotto al calcare a *G. arcuata*: i suoi caratteri sono eminentemente liasici, sia per la communanza di alcune specie col lias, sia per l' aspetto generale, o, come suol dirsi, per l' *habitus* della fauna.

779. Lias. — *Lias* è il nome con cui volgarmente si dinota in Inghilterra un calcare argilloso, appartenente al periodo, cui lo stesso nome fu assunto ad indicare. Litologicamente il lias consta di calcare, calcare argilloso, di marne e d' argille: eccezionalmente, di grès, ecc. Per quanto tra l'oolite e il lias esista, p. es., nel paese di Bath, una somiglianza litologica, per quanto anche si citino alcune specie di fossili communi ai due gruppi, non cessa per questo il lias di costituire un gruppo assai distinto, assai bene individualizzato, che, per di più, si mostra in quasi tutta l'Europa cogli stessi principali caratteri. Il suo spessore varia, secondo Lyell, da 150 a 300 metri. In Lombardia, e precisamente sul lago di Como, dove il lias inferiore è rappresentato dalla enorme massa del calcare detto

di *Moltrasio*, il suo spessore supera certamente d'assai i 300 metri. Specie communi al lias e all'oolite citansi l'*Avicula inæquivalvis*, la *Lima gigantea* e l'*Ostræa Marshii*. Quest'ultima salo dal lias fin nella *formazione* di Oxford. Il lias si divide in *inferiore*, *medio* e *superiore*.

780. *Lias inferiore.* — Finchè la scienza (e ciò fino a questi ultimi tempi) si trovò povera di documenti circa quel gruppo di formazioni ora così individualizzato sotto il nome d'infralias, la zona del *lias inferiore* rimase assai incerta, e per riguardo a' suoi limiti stratigrafici, e per riguardo ai suoi caratteri paleontologici. Anche nelle opere elementari più recenti ed accreditate trovereste comprese nel *lias* formazioni, che sono ben lungi dall'appartenergli. È in questo senso che, p. es., il *piano sinemuriano* che, nel sistema di d'Orbigny equivale al *lias inferiore* dei geologi, non ha più ragione di esistere. In oggi che i limiti superiori dell'*infralias* sono scrupolosamente fissati, ne risultano nettissimi i limiti inferiori del lias inferiore, anzi del lias in genere. Hannovi di più, per buona sorte, alcune specie così riconoscibili, del pari che sparse tanto universalmente in Europa, che il lias inferiore è facilmente rintracciato dovunque. Tra queste specie distinguonsi singolarmente l'*Ammonites bisulcatus*, che troverete citatissimo nelle opere meno recenti, sotto il nome di *A. Bucklandi*, e la *Griphæa arcuata* (fig. 106). Quest'ultima abbonda in tutte le collezioni, perchè abbonda straordinariamente negli strati del *lias inferiore*, formandovi talora una specie di conglomerato. Di più io ho provato, ne' miei studi sull'*infralias*, [1] come la *G. arcuata* segni in Europa un orizzonte quasi matematicamente tracciato. È una specie da citarsi come tipo delle caratteristiche; e lo è tanto, che i geologi indicano abitualmente il *lias inferiore* col sinonimo di *calcare a G. arcuata*. Appartiene

Fig. 106. *Griphæa arcuata* Lk. (Lias inferiore).

a questa zona, come già dissi, il calcare grigio affumicato del lago di Como, con tutta la zona dei calcari diversi, che sono coperti dal *calcare rosso ammonitico*, in tutta la regione subalpina. Essi sono indicati da me sotto il nome complessivo di *formazione di Saltrio*, perchè troviamo nelle calcaree scavate nei dintorni di Saltrio una ricchissima fauna, coi migliori rappresentanti della fauna del *lias inferiore*, che novera le seguenti caratteristiche:

[1] *Paléontologie lombarde*, 2ᵉ série, pag. 176.

Belemnites acutus	Pleurotomaria anglica
Ammonites bisulcatus	Cardinia hybrida
" obtusus	" concinna
" stellaris	" securiformis
" Conybeari	Gryphæa arcuata
" catenatus	Rhynconella variabilis
" Phillipsii	Spirifer Walcottii.

781. *Lias medio.* — Sono gli strati di questa zona quelli singolarmente che conservano le meraviglie del mondo liasico; cioè i mostruosi rettili della famiglia degli *Ittiosauridi*, oltre ad un gran numero di pesci. Si ritengono caratteristiche le seguenti specie:

Belemnites niger	Pecten æquivalvis
" umbilicatus	" disciformis
Ammonites spinatus	Ostræa cymbium
" margaritatus	Rhynconella rimosa
" planicosta	Spirifer Hartmanni
" Henleyi	Terebratula numismalis
" Grenouillouxi	Pentacrinus fasciculosus (fig. 92)
Lima punctata	" basaltiformis.

782. *Lias superiore.* — È contrassegnato da una fauna bellissima, tra cui si distingue un gran numero di ammoniti, assai communi nelle collezioni paleontologiche. Una delle formazioni più note, tanto nell' Italia appennina che nella subalpina, il famoso *calcare rosso ammonitico*, contiene le specie più caratteristiche di questa zona. La *Posidonomya Bronnii* è così commune nel *lias superiore*, che lo si indicò da molti col nome di *strati a Posidonomya*. Ritengonsi come caratteristiche le seguenti specie:

Belemnites canaliculatus	Ammonites Calipso
Ammonites serpentinus	Turbo subplicatus
" bifrons	Lima gigantea
" comensis	Posidonomya Bronnii
" radians	Ostræa Knorri
" Levesquei	Rhynconella tetraedra
" heterophyllus	Pentacrinus vulgaris.
" sternalis	

783. Oolite. — L'abbondanza dei banchi oolitici, cioè di calcari composti di grani sferoidali, insieme cementati [1], nelle formazioni di quest'epoca, fece sì che si indicasse col nome di oolite il gruppo che le comprende. Si divide in oolite *inferiore*, *media* e *superiore*.

[1] Vedi indietro a pag. 20.

784. *Oolite inferiore.* — Si divide in *oolite inferiore propriamente detta* e in *grande oolite.*

785. *Oolite inferiore propriamente detta.* — Consta di calcari, e talora di sabbie. Questa formazione è pur ricchissima di conchiglie marine, o vi abbondano le Pleurotomarie e gli Ammoniti. Si citano come specie caratteristiche: *Terebratula fimbria, T. spinosa, Lima gigantea, Pleurotomaria ornata, P. granulata, Ammonites humphriesianus, A. striatulus, A. Brainkenridgii, Nautilus lineatus,* ecc. Nell'oolite inferiore, secondo Darwin, compajono per la prima volta i *lepadidi*, ossia i *cirripedi pedunculati*, con una specie di *Pollicipes.*

Notansi tra le specie communi al gruppo seguente: *Ostræa acuminata, Pecten lens, Pholadomya gibbosa, Trigonia costata, Belemnites giganteus.* Notasi inoltre l'*Ostræa Marshii*, come quella che passa alle argille di Oxford.

786. *Grande oolite.* — La formazione della grande oolite si suddivide nelle due zone seguenti.

1.° *Cornbrash e Forest Marble.* — Il *Cornbrash*, argilla e grès calcare, riposa sul *Forest Marble*, calcare argilloso, zeppo di tronchi d'albero e di frammenti di conchiglie, di crostacei, d'orsini. Certo un deposito littorale.

2.° *Strati di Stonesfield o grande oolite propriamente detta.* — La grande oolite dei geologi è un calcare ricchissimo di coralli, ricoperti talora di argilla conchifera. È famoso il calcare della grande oolite di Bradford, presso Bath, per la citata foresta di encriniti (*Apiocrinus rotundus*) che la copriva, e fu investita dalla massa fangosa (argilla di Bradford). I fossili della grande oolite ne rivelano l'esistenza sopra vaste estensioni del Giura e delle Alpi. Gli strati di Stonesfield non rappresenterebbero che una parzialità della grande oolite. Io li ho sostituiti nella classazione al nome di grande oolite, per evitare la confusione tra il gruppo della grande oolite, che comprende il *Cornbrash*, gli strati di Stonesfield, e il terreno omonimo, il quale fa parte di esso gruppo.

Quanto ai veri strati di Stonesfield, non si tratta che di un deposito sabbioso, contenente grosse masse sferoidali, e non soverchia un metro di spessore. Ma alla svariatissima fauna e alla ricca flora d'indole tropicale, che resero famoso ed interessante questo deposito, aggiungi la già citata scoperta di un numero abbastanza copioso di reliquie di mammiferi (*Amphitherium* e *Phascolotherium*) che appartengono, secondo Owen, all'ordine dei marsupiali (§ 758).

Caratteristiche della grande oolite, compresovi il *Cornbrash*, ecc., sono anche le seguenti specie: *Terebratula digona, Ostræa acuminata, Pecten*

lens, *Pholadomya gibbosa*, *Trigonia costata*, *Ammonites discus*, *A. bullatus*, *Belemnites giganteus*, *Megalosaurus Bucklandi*, ecc.

787. *Oolite media.* — Si divide in *formazione di Oxford* e *formazione corallina*.

788. *Formazione d'Oxford.* — Con questa zona comincia la divisione dell'*oolite media*. Massa d'argille, che in Inghilterra attinge l'enorme spessore di 150 metri. È il regno delle Belemniti e degli Ammoniti (*B. hastatus*, *A. Jason*) di mirabile conservazione. Contiene inoltre specie caratteristiche, assai facili a riconoscersi: *Dysaster canaliculatus*, *Terebratula diphya* (fig. 107), *Ostræa Marshii*, *O. gregaria*, *Ammonites coronatus*, *A. calloviensis*, ecc.

Inferiore alle argille, stando alla tavola degli strati fossiliferi di Lyell, trovasi, a Kelloway un grès calcareo, o un calcare concrezionato, che corrisponde all'Oxfordiano inferiore, o al piano calloviano stabilito da A. d'Orbigny. Tale suddivisione della formazione d'Oxford non pare ritenuta importante dai geologi.

789. *Formazione corallina* (*Coral-rag*). — Il Coral-rag è un calcare, che consta specialmente di parecchi letti corallini sovrapposti (*Thamnastræa*, *Theeosnilia*, ecc.). È sviluppato sia in Inghilterra, sia sul continente; l'*Ostræa gregaria*, già trovata nella zona precedente, vi è citata come caratteristica.

Equivalenti del Coral-rag sono, nel Giura, il *calcare a Nerinee*, caratterizzato appunto dalle conchiglie del genere *Nerinea*, la cui struttura interna le fa così facilmente distinguere; nelle Alpi il *calcare a Diceras* (*Diceras arietina*, fig. 93).

Caratteristico del coral-rag sono inoltre: *Apiocrinus Royssianus*, *Cidaris coronata*, *Ostræa gregaria*, *Pleurotomaria granulata*, *Nerinea fasciata*, *Ammonites altenensis*, *A. plicatilis*, ecc.

790. *Oolite superiore.* — Si divide in tre zone: *Strati di Kimmeridge*, *Strati di Portland*, *Strati Purbeck*.

791. *Strati di Kimmeridge.* — Questo terreno consta, per la massima parte in Inghilterra, di schisti bituminosi, che raggiungono l'enorme spessore di più centinaja di metri. È deposito eminentemente marino, contenendo Ammoniti, Ostriche, ecc. Da che tanta copia di bitume in un deposito marino, ove le impronte di vegetali sono così rare? Lyell lo ripete dalle sostanze organiche animali; ma quali argomenti? considerando i petroli attuali come d'origine vulcanica, vorremmo dare l'origine stessa ai bitumi che impregnano gli schisti bituminosi appartenenti alle diverse epoche del globo.[1]

[1] Vedi in proposito all'origine vulcanica degli idrocarburi la *Dinamica terrestre*, Parte seconda, Cap. XII.

Gli strati di Kimmeridge sono, come formazione tipica, esclusivamente inglesi: ma i suoi equivalenti si chiariscono anche in altre regioni, permettendolo il confronto dei fossili. L'*Ostræa deltoidea* si trova in Scozia del pari che in Francia. La *Gryhpæa virgula* è pure estremamento abbondante nell' oolite superioro in Francia, e l'*Apthicus latus* gode, oso dire, di una estensiono europea: trovasi anche da noi nel calcare rosso siliceo, superiore al calcare rosso ammonitifero.

Tra le specie carattoristiche figurano le seguenti: *Trigonia muricata, Ammonites decipiens, A. rotundus, A. biplex*. Quest'ultimo è commune agli strati di Portland.

792. *Strati di Portland.* — Letti calcarei e sabbie nel sud d'Inghilterra, inferiori ai letti di Purbeck. Formaziono marina. Contiene, come caratteristiche, le specie seguenti: *Ostræa expansa, Trigonia gibbosa, T. elongata, Lucina portlandica, Cardium dissimile, Mactra rostrata, Natica elegans, Ammonites biplex, A. giganteus.*

793. *Strati di Purbeck.* — Si tratta di una formazione di considerevole spessore, che non si mostra che nel sud d'Inghilterra. Studiata minutamente, mostrò l'esempio più singolare di una serie di strati, talora marini, talora salmastri, talora d'acqua dolce, e fin talora terrestri, trovandovisi il famoso letto di fango (*the dirt*), non altro che un suolo vegetale, già coperto di lussureggianto vegetazione tropicale, ed ora fossile, collo copiose roliquie delle piante da lui nutrito. Non si può citare esempio più brillante a prova di ripetuto, lenti, tranqnille oscillazioni del suolo, e della loro influenza sulla distribuzione degli animali e delle piante.

Un altro fatto che rendo interessanti i letti di Purbeck, si è la scoperta di quel piccolo mondo di mammiferi marsupiali (§ 758). Specie caratteristiche sono inoltre: *Hemicidaris purbeckensis, Ostræa distorta, Paludina carinifera*, diverse specio di *Cypris, Mantellia megalophylia*, ecc. Owen vi indica 4 specie di *chelonî* (tartarughe).

794. Como è pur troppo chiaro, la classificazione dei terreni giuresi superiori risponde, più che altro, alle parzialità della stratigrafia inglese. In questi ultimi anni si fecero studî molto accurati sui loro equivalenti nel continente. Oppel specialmente si adoperò a tutt'uomo a questo scopo, e le sue ricerche sono ora, con pari merito, proseguite da Zittel. Il primo aggruppò, sotto il nome di *titonico*, o *formazione titonica*, una serie di strati, che stanno tra il così detto *Malm*, approssimativo equivalente degli *Strati di Oxford*, e la *creta inferiore*. Il titonico corrisponderebbe adunque all'*oolite superiore*. Zittel, nella sua recentissima monografia di questa formazione[1], le divide in due zone, come è indicato nel seguente specchietto.

[1] *Die Fauna d. aeltern Cephalopoden Fuehrenden Tithonbildungen.* Cassel, 1870.

Creta inferiore.

Titonico { Zona a *Terebratula janitor* o *Strati di Stramberg.*
Zona a *Terebratula diphya* o *Strati di Kimmeridge.*

Malm (Strati di Oxford).

La citata monografia di Zittel, e l'altra, egualmente splendida, che si pubblica dal professore Gaetano Giorgio Gemmellaro ad illustrazione degli strati titonici in Sicilia,[1] mostrano quanto popolato fosse il mare, che si stendeva allora sull'Europa. La *Terebratula diphya* (fig. 107), che caratterizza la zona titonica inferiore, è anche forse la più caratteristica di tutta la *formazione titonica* in Europa. Si trova nelle *Prealpi lombarde*, ritengo nel *calcare rosso siliceo ad aptichi*, in cui abbiamo già accennato di riconoscere un equivalente degli *Strati di Kimmeridge* (§ 791). È abbastanza commune nelle Alpi venete e tirolesi. Si trova in Gallizia, in Ungheria, nei Carpazi, in Spagna.

Fig. 107. *Terebratula diphya* Colonna (Titonico).

Al *Malm*, ossia all'oxfordiano, si ascrive il celebre calcare litografico di Solenhofen (Baviera), uno dei depositi classici per la paleontologia. Si ammiravano 237 specie di fossili nella collezione di Münster, nel 1833; 7 specie di pterodattili (*Pterodactylus crassirostris*, ecc.), 6 sauri, 3 tartarughe, 60 specie di pesci, 46 di crostacei, 26 d'insetti.

[1] *Studi paleontologici sulla fauna del calcario a Terebratula janitor*. Palermo, 1868-70.

CAPITOLO XXI.

CRETA o TERRENI CRETACEI.

EPOCA TERZA DELL'ÊRA MESOZOICA.

795. I terreni che tengono dietro, in linea ascendente, ai *terreni giuresi*, si denominarono *cretacei* dalla *craie*, o creta, dei Francesi, roccia costituita da un puro calcare terroso, che vi è sviluppatissima. Non è dunque la *creta* degli Italiani, i quali indicano con questo nome piuttosto l'argilla.

796. Si può dire che tra i terreni giuresi e i terreni cretacei esistono quei rapporti, che rimarcammo tra il siluriano ed il devoniano. Benchè trattisi di faune distinte, pure la communanza di certi caratteri più saglienti fa sì, che non è sempre facile stabilire, a prima giunta, se trattisi d'un terreno giurese o d'un terreno cretaceo.

Noi troviamo infatti come nella creta continui, in parte scemando, in parte diminuendosi, ciò che vi ha di più sagliente nel *giura*. Anzi tutto la gran famiglia degli *ammonitidi*, non solo passa nella *creta*, ma vi si moltiplica sotto diverse forme. Oltre il genere *Ammonites* che, già lussureggiante di forme specifiche nel *trias superiore*, si svolge con pompa meravigliosa nel *giura*, e continua, con sfoggio appena minore nella *creta;* oltre i generi *Ancyloceras* (fig. 73), *Toxoceras* (fig. 75) e *Turrilites* (fig. 78), che comparvero nell'epoca giurese, qui abbiamo i generi *Crioceras*, *Scaphites* (fig. 72), *Hamites* (fig. 77), *Ptychoceras* (fig. 76), *Baculites* (fig. 73), ecc., ricchi di specie di meravigliosa bellezza. Aggiungi l'abbondanza delle *Belemnites*. L'abbondanza degli *ammonitidi* e delle *Belemnites*, a cui si aggiunge il genere *Belemnitella* (fig. 108), lega tanto più i terreni cretacei ai giuresi, e viceversa, in quanto che nessuno dei nominati generi ricompare nei terreni terziari, ma tutti entro i confini della *creta* si spengono. Dicasi lo stesso del genere *Aptychus* (fig. 95), che, nato e cresciuto nel *giura*, viene ben presto a morire nella creta.

797. Un'altra caratteristica molto sagliente dell'epoca precedente è lo sviluppo dei rettili, appartenenti specialmente alla classe dei *sauri*, ma che

presentano delle forme tanto eccezionali. I rettili abbondano ancora nella *creta*, o vergono pure a morire entro i suoi confini quei generi stessi che ci presentarono quanto v'ha di più culminante, in ordine alla novità, alla eccezionalità, della fauna giurese. Parlo dei generi *Pterodactylus*, *Ichthyosaurus* (fig. 97) e *Plesiosaurus* (fig. 98), di cui si citano specie cretacee.

Potremmo facilmente rintracciare nelle altre classi dei generi di animali, i quali ribadiscono sempre più questo legame tra l'epoca giurese e la cretacea, e giustificherebbero sempre più i geologi che ascrivono le due epoche alla medesima êra. Ma quanto abbiam detto parmi bastare.

798. L'epoca cretacea però, come epoca a sè, ha le sue specialità caratteristiche, e queste rimarchevolissime. Più, come ultima dell'êra mesozoica, figura già, principalmente in sulla fine, come un'epoca di transizione; sicchè vedousi dileguarsi rapidamente i ricordi delle epoche passate, e crescere d'assai le promesse dell'epoca ventura, e diremo anche dell'epoca nostra, a cui, relativamente parlando, l'êra *cenozoica* è tanto vicina.

Fig. 104.
Belemnitella mucronata Sch.
(Creta bianca o superiore).
A. Rostro intero, che mostra alla base il taglio longitudinale caratteristico del genere.
B. Sezione longitudinale che mette a nudo l'alveolo simile a quello delle *Belemnites*.

Chi visita infatti una collezione di conchiglie cretacee (i molluschi sono estremamente abbondanti nella *creta*), se prescinde dai cefalopodi, che danno alla conchiologia cretacea quell'impronta di passato che abbiamo detto, non si trova punto così colpito, dirò così, perduto, come quando fissava lo sguardo sui fossili delle epoche più antiche. Quelle migliaia di *gasteropodi*, di *acefali*, non gli pajono molto diversi da quelli che si raccolgono nei nostri mari. Ed è vero: ben pochi sono i generi di conchiglie cretacee, che non siano superstiti, ed anche abbondantissimi di specie, nei nostri mari. Aggiungasi l'apparizione dei pesci teleostei in grande abbondanza, anzi d'un certo numero di generi che vivono attualmente, più l'apparizione dei crostacei *decapodi brachiuri*.

799. Visto adunque come l'epoca cretacea presenti abbastanza decisi i-

caratteri d'un epoca di transizione, tra l'*êra mesozoica* che termina con essa, e l'*êra cenozoica* che si apre quando essa si chiude, fermiamoci alqnanto sulle specialità, che la improntano come epoca a sè: epoca lunghissima, varia, estremamente interessante.

Fig. 109. *Rhynchonella sulcata* (Néocomien d'Orb.).

800. In Europa si raccolsero, secondo Dana, circa 6000 specie di animali cretacei, e 2000 in America. La metà di essi può ritenersi appartenero alla sola classe dei molluschi.

801. Gli *amorfozoari* sono estremamente abbondanti. Appartengono specialmente alle spugne a scheletro calcareo (fig. 111 e 112), che presentano

Fig. 110. *Terebratella astieriana* (Albien d'Orb.)

Fig. 111. *Siphonia pyriformis* (Cénomanien d'Orb.).

talora delle forme molto regolari ed eleganti. La *creta* ne vânta circa 33 generi. Anche i *foraminiferi* (fig. 113) vi abbondano straordinariamente. Gran parte della *creta bianca* n'è interamente composta. Pictet ne numera 50 generi. I *coralli* si mantengono sempre a quel grado di sviluppo, che presentarono sempre dal siluriano in poi, e presentano tuttora. Benchè la loro fisonomia richiami in genero le faune coralline del *giura* che li precedette, e dei *terreni terziari* che li susseguirono, pure le specie non solo, ma anche i generi sono, per la maggior parte, nuovi. Anzi, di 72 generi cretacei numerati da Pictet, 38 sono speciali alla *creta*, cioè appajono

Fig. 112. *Coscinopora cupuliformis* (Sénonien d'Orb.).

e si spengono per sempre entro i limiti dell' epoca. Quanto agli *echinodermi*, i crinoidi vi si mostrano in certa abbondanza, ma accusano un rapido decadimento. Pictet non nomina che 7 generi, fra i quali il genere *Pentacrinus*, che trovammo così sviluppato nell'epoca giurese. Mentre i *crinoidi* diminuiscono, si accrescono straordinariamente gli *echinidi*. Lo sviluppo degli echinidi è riportato come uno dei principali caratteri da Pictet, che ne numera 50 generi, oltre ad 11 generi del gruppo degli *stelleridi* (stelle di mare).

Fig. 113. *Orbitoides media* (Sénonien d' Orb.).

A. Sezione orizzontale. B. Profilo. C. Disco.

802. I *molluschi*, come dissi, vincono in numero tutte le altre classi, costituendo da soli circa la metà della fauna cretacea. Notisi singolarmente lo sviluppo prodigioso dei *briozoarî*, costituenti un altro carattere sagliente dell'epoca cretacea. Quanta varietà, quanta eleganza in quella copia sterminata di molluschi polipiformi, che crescevano in popolose colonie, come i muschi del prato, come i licheni delle rupi e delle piante, rivestondo il fondo del mare, incrostando gli scogli o gli animali marini! Se ne numerano 188 generi. De' *cefalopodi*, de' *gasteropodi* e degli *acefali* abbiamo detto quanto basta nei paragrafi precedenti.

Fig. 114. *Crania ignabergensis* (Senonien d' Orb.).

803. Dei *brachiopodi* dirò soltanto che essi si mantengono ad un dipresso a quel livello, a cui si sono abbassati nell'epoca precedente. I generi sono scarsi, e la fisionomia è ancora giurese. Numerosissime sono le *Terebra-*

tula e le *Terebratella* (fig. 110), svariatissime di forma le *Rhynconella* (fig. 111), rimarchevoli le *Crania* (fig. 114). Ma vi ha un gruppo, classato dai paleontologi tra i *brachiopodi*, che esige una fermata, trattandosi di quanto la creta ha di più singolare, di veramente eccezionale, e quindi di assolutamente caratteristico. Parlo del gruppo delle *rudiste*.

804. La paleontologia offre pochi altri gruppi, che, alla assoluta eccezionalità delle forme, alla varietà delle specie ed all' immenso sviluppo numerico degli individui aggiunga la singolare esclusività, che dà loro un valore caratteristico, veramente eccezionale. Le rudiste sono tutte cretacee, esclusivamente cretacee. Si direbbe che, nella serie delle opere della natura, le rudiste rappresentino un concetto, tardi concepito, attuato con tutto lo slancio di una creazione appassionata, poi tosto abbandonato: le dirò piuttosto sapientemente create per convincere d'errore l'ipotesi, ora invalsa, della *trasformazione delle specie*. In presenza di questa strana e numerosissima progenie, che d'un tratto, quasi per incanto, appare o scompare, domina i mari ed è spenta per sempre; si potrebbe domandare ai sostenitori dell'ipotesi: donde vengono le rudiste? dove vanno? Ma abbiam diritto, e potremo, in seguito, dirigere loro tante volte le stesse domande, che non conviene affannarci. Le forme delle rudiste sono così eccezionali, che i paleontologi più eminenti le sbalzarono da un ordine all'altro, sicchè le vedemmo collocate, ora tra i *Cefalopodi*, ora tra i *Brachiopodi*, ora tra gli *Acefali*. Accettando anche l'opinione di Deshayes, che le rudiste debbano considerarsi a preferenza come bivalvi irregolari, le quali trovano i migliori rapporti colle ostriche, e meglio colle *Chama*, starà pur sempre che esse presentano un tipo a sè, tanto più singolare, in quanto esso è ristretto ad una sola epoca del globo.

Fig. 11*.
Hippurites Toucasiana
(Turonien d'Orb.).

805. Le rudiste si possono ridurre a due tipi: il tipo delle *Hippurites* e il tipo delle *Sphærulites*. Le ippuriti hanno la forma d'un corno irregolare, più o meno svasato e rovesciato, nel senso che la punta gli serviva di punto d'appoggio, anzi d'attacco agli scogli, a cui le ippuriti erano fisse come le ostriche. Il corno, così descritto, non rappresenta che la gran valva, ossia la valva inferiore. La piccola valva, di forma convessa, si addattava ermeticamente all'imboccatura della maggiore, a guisa del

coperchio di una tabacchiera, o meglio di un vaso di pipa. Dall'interno della valva inferiore si spiccavano due risalti, o cornioi longitudinali, rappresentanti quelli che nelle conchiglie si chiamano denti, e non son altro che i pezzi sporgenti delle cerniere multiformi, cioè di quella specie di ingranaggio, che modera i movimenti delle due valve. Risulta infatti, principalmente dallo studio dei generi affini, che la valva superiore, ossia la valva operculare, fosse munita di robusti denti che si incardinavano o si ingranavano nelle descritto sporgenze della valva inferiore. Le ippuriti vivevano associate in aggregazioni di individui innumerevoli. Lo spirito di società era spinto a tal punto, che gli individui di alcune specie si cementavano insieme. L' *Hippurites organizans* si direbbe piuttosto un polipajo che una conchiglia, presentandosi sempre come un aggregato di individui, che, fusi in una sol massa, presentano abbastanza bene l' immagine dell' organo, da cui trasse il nome la specie. Non parlo dei canali ramificati da cui la valva superiore prende l'apparenza di un crivello; delle false concamerazioni, che fecero pigliare la valva inferiore delle ippuriti per un ortoceratite, o di tante altre specialità, da cui risulta sempre maggiormente provata la eccezionalità del tipo. La figura 115 presenta l'*Hippurites Toucasiana* d'Orb. del *turonien* (creta bianca inferiore), che si assomiglia alla *organizans*, per l'associazione in un solo di più individui. I due piccoli, offerti dalla figura, sono privi della piccola valva, o *valva opercnlare*, e mostrano a nudo il sistema cardinale della gran valva. L' individuo maggiore è coperto dalla piccola valva, che ha precisamente l'aspetto di un crivello conico.

Fig. 116. *Caprina Aguillonii* (Turonien d'Orb.).

806. Le *Sphærulites* o *Radiolites*, ed altri generi somiglianti, non si dipartono gran fatto dal tipo delle *Hippurites*. De' loro robusti e complicatissimi cardini abbiamo saggi moravigliosi. Distinguereto facilmente dalle ippuriti le sferuliti, per ciò che le sferuliti presentano all' esterno delle espansioni fogliacee, in guisa che spesso si direbbero costituite da centinaja di foglie lobate, secche, sovrapposte l'una all'altra, assomigliandosi a rozzi capitelli, e meglio a certe specie di funghi, volgarmente noti, composti appunto da una fitta pila di espansioni fogliacee. Serva d'esempio la *Radiolites alata* (fig. 117).

Le *Caprina*, colla valva superiore molto grande, talvolta a spirale, liscia, segnata da linee regolari di accrescimento, e munita di un apparato cardinale simile a quello delle bivalve ordinarie, si avvicinano meglio appunto a queste, preferibilmente al genere *Chama*. La figura 116 presenta la *Caprina Aguillonii* d'Orb., del *turonien*: a destra la conchiglia, vista all'esterno, colle due valve chiuse una sull'altra; a sinistra l'interno della piccola valva, coll'apparato cardinale.

Fig. 117. *Radiolites alata* d'Orb. (Sénonien).

807. Gli *annellidi* pare che non si presentino molto numerosi nella *creta*. Vi si scoprono però gli *anillidi tubicoli*, del genero *Serpula*, ecc. Quanto ai crostacei, rimarcammo il genere *Aptycuhs*, a cui si aggiungono molti altri cirripedi. Di entemostracci, crostacei microscopici, sono ricchissimi la creta bianca, il gault, e il grès verde d'Inghilterra, e diedero argomento a T. Rupert Jones di una bella monografia.[1] Molte specie sono communi ai detti tre piani. Una specialità della creta sono gli abbondantissimi *decapodi*, che si avvicinano ai nostri granchi. Bell ne descrive 35 specie del *grès verde*, e del *gault* d'Ingbilterra.[2]

Dei *pesci* abbiamo già detto. L'ittiolitegia cretacea è straricca di generi e di specie di *teleostei*, *ganoidi* e *placoidi*.

808. I *rettili* danno ancora alla fauna cretacea il celerito d'una creazione fantastica. Pictet ne nomina 17 generi, due appartenenti all'ordine dei *cheloni* (tartarughe) e quindici ai *sauri* (lucertole, cocodrilli, ecc.). Ai già

[1] *Palæontogr. Soc.*, 1849.
[2] *Ib.*, 1862.

citati *Pterodactylus*, *Ichthyosaurus*, o *Plesiosaurus* aggiungeremo il *Mosasaurus*, mostro della lunghezza di 25 piedi, della testa colossale, dalle mascelle armate di acutissimi denti; il *Polyptychodon*, rettile natante, grosso come la balena (era lungo 50 piedi); l'*Iguanodon*, animale pesante e gigantesco, colle abitudini dell'ippopotamo. Owen e Bell [1] descrivono circa 28 specie di rettili della sola creta d'Inghilterra, così distribuiti:

Creta bianca superiore (*upper chalk*). — 1 chelonio, 1 *Mosasaurus*.

Creta bianca media (*middle clhak*). — 2 cheloni, 1 *Dolichosaurus*, 2 *Pterodactylus*.

Creta bianca inferiore (*lower chalk*). — 1 *Raphiosaurus*, 2 *Polyptychodon*, 1 *Ichthyosaurus*.

Creta bianca in genere. — 3 *Plesiosaurus*, 3 *Polyptychodon*, 1 *Coniosaurus*, 1 *Leiodon*, 1 *Ichthyosaurus*, 1 *Iguanodon*.

Grès verde (*green-sand*). — 1 *Ichthyosaurus*, 2 cheloni, 1 *Polyptychodon*, 1 cocodrillo, 1 *Plesiosaurus*, 1 *Pterodactylus*, 1 *Iguanodon*.

Alcune specie si ripetono in diversi piani.

809. Quanto ai mammiferi, non riuscì sinora di trovarne nessuno d'epoca cretacea, salvo alcune ossa di balena scoperte nel cretaceo del Nord-America. La cosa merita considerazione davvero. Non è punto facile che, in depositi quasi esclusivamente marini, vengano a seppellirsi animali terrestri. Il caso tuttavia non è raro nell'epoca attuale, e nol fu nei periodi postpliocenici e terziarî. In condizioni ancor meno propizie alla fossilizzazione trovavansi i rettili aerei, da considerarsi, sotto questo rapporto, nel caso degli uccelli: eppure gli *Pterodactylus* si conservarono, tanto negli strati cretacei, quanto nei giuresi. Non mancano nella creta depositi ritenuti terrestri e lacustri. Le piante terrestri vi abbondano, e non vedrebbesi ragione perchè non vi si trovino mammiferi. Questa mancanza de' mammiferi terrestri nell'epoca cretacea, mentre assisteremo ben tosto ad un'epoca, di cui lo sviluppo di questa suprema classe di animali forma la caratteristica più sagliente, è cosa che veramente ci colpisce; è un carattere negativo, che non la cede in valore ai positivi.

Avverrà certamente, col tempo, che qualche reliquia di mammifero terrestre si scopra nella creta, come ne vedemmo scoperte in terreni più antichi. Ma le scoperte non giungeranno mai a riempiere un vuoto così sentito nella animalizzazione del globo, quando si confrontino l'epoca cretacea colle epoche terziarie immediatamente susseguenti, in cui la terra apparo coperta da eserciti di mammiferi d'ogni ordine.

810. Quanto alla flora, si compone in Europa di angiosperme e di palme, con predominio di conifere e cicadee.

---

[1] *Monograph on the fossil reptilia of the cretaceous formations* (*Palæontogr. Soc.*, 1851).

La diatomee silicee abbondano nella selce della creta bianca, mostrando, io penso, l'origine idrotermale di quei nodi silicei.

811. Volendo ora dare una rapida occhiata ai diversi membri della gran formazione cretacea, eccovi lo specchio della serie stabilita, salvo qualche differenza di nessun conto, dalla unanimità dei geologi inglesi, e che può ritenersi la più fedele rappresentanza di un complesso di terreni, che presenta in Europa una marcata uguaglianza. Vi aggiungo gli equivalenti di d'Orbigny, come quelli che esprimono la serie cretacea, sviluppatissima in Francia, e sono espressi da nomi usitatissimi nei libri di geologia, e i principali equivalenti del resto d'Europa.

Creta inferiore.

1. *Wealdiano*, o argille del Weald e sabbie di Hasting. — *Néocomien inférieur* d'Orb.

2. *Grès verde inferiore.* — *Lower green-sand*, o grès ferruginoso, con ghiaje, sabbie, e strisce di calcare, note sotto il nome di *Kentish rags*. Corrisponde ai piani *Néocomien* e *Aptien* di d'Orbigny.

Creta media.

3. *Gault.* — Consta di calcari rossi, ferruginosi, con grani silicei, marne, e calcari duri. Gli inglesi lo dividono in tre zone: *Specton* o *clay*, *red-chalk* e *gault*. Corrisponde all'*Albien* di d'Orbigny. Comprende gli strati di *Blackdown* di Lyell.

4. *Grès verde superiore.* — Marne cloritiche, composte di calcare, con particelle verdi e grani di quarzo. Gli Inglesi vi distinguono due zone: l'inferiore col nome di *upper greensand*, la superiore con quello di *Chloritic-marl*. Corrisponde alla *glauconie crayeuse* dei Francesi, al *Cénomanien* di d'Orbigny, al *tourtia* de' Belgi.

Creta superiore.

5. Creta bianca, divisa in due zone:

A. Creta bianca inferiore. — *Lower-chalk;* calcare più duro della creta superiore, senza arnioni di selce, e inferiormente calcare grigio e sabbia. *Craie tuffeau* dei Francesi, *Turonien* d'Orbigny, *Untere Kreide* e *Pläner* dei Tedeschi.

B. Creta bianca superiore. — *Upper-chalk;* calcare molle, terroso, quasi puro, bianchissimo, con frammenti di conchiglie, foraminiferi, e

abbondantissimi arnioni di selce. *Craie blanche* dei Francesi, *Sénonien* di d'Orbigny, *Oberekreide* dei Tedeschi.

6. Strati di Maëstricht. — Esclusi dalla serie inglese. *Danien* di d'Orbigny.

812. *Wealdiane* o *Neocomiane inferiore.* — Sotto il grès verde inferiore appare, nel Weald (Inghilterra), un gruppo di strati, che presenta lo strano spettacolo di una formazione di acqua dolce, salmastra e marina. Rettili e piante terrestri sono i fossili contenutivi. Questa formazione si divide in due membri: 1.° *Argilla del Weald,* formazione assolutamente d'acqua dolce, con marne a *Bypris, Paludina,* ecc., abbondantissima poi di ossami, di rettili, tra cui distinguesi l'*Iguanodon Mantelli,* della lunghezza di 15 a 18 metri, somigliante agli iguani, che frequentano in oggi i boschi tropicali d'America; 2.° *Sabbie di Hasting;* sabbie, grès e argille, che forniscono, oltre ai rettili già indicati, *Magalosauri, Plesiosauri* e *Pterodactili.* Mentre le conchiglie attestano in genere una formazione d'acqua dolce, alcune indicano un'acqua salmastra; nè mancano ammoniti (*Ammonites Deshayesii*) per dare, in qualche luogo, al deposito un carattere assolutamente marino. Si osservano anche letti di ciottoli arrotolati. Infine nulla manca per rivelare un grande estuario, che poteva aver la larghezza di 320 chilometri, quindi altrettanto vasto quanto è vasto il delta del Gange, il quale vanta una larghezza appunto di 300 chilometri.[1] Quell'estuario andava soggetto a tali oscillazioni, che, mentre vi prevalevano in genere le formazioni d'acqua dolce, potè di tratto in tratto formarvisi un deposito salmastro o marino.

813. Le formazioni di acqua dolce e gli estuari sono quelli che, nei periodi terziari e posterziari, ci offriranno tanti meravigliosi cimiteri di belve appartenenti all'ordine dei mammiferi. L'assenza dei mammiferi nella formazione di Weald, in una formazione che accenna ad una grande estensione di terra ferma, non è più dunque spiegabile colla idea delle difficoltà che si oppongono alla fossilizzazione degli animali terrestri nei depositi marini. Qui nulla attenua per conseguenza il valore caratteristico che abbiamo attribuito al fatto negativo dell'assenza dei mammiferi nei periodi cretacei.

814. Il sottostrato del grande estuario era formato dai terreni oolitici, che furono coperti così da una formazione cretacea di acqua dolce. Ma l'estuario si abbassò poscia in guisa, che lo stesso fiume, fluitando lo stesso detrito, potè sovrapporre, agli strati caratterizzati da fossili d'acqua dolce, altri con fauna marina, cioè appunto il grès verde inferiore.

---

[1] *Dinamica terrestre,* § 268.

Non terminerò di parlare degli strati del Weald senza far osservare, che Dana li considera ancora come giuresi, ponendoli in testa alla serie giurese. Gli *Ichthyosaurus*, i *Plesiosaurus*, i *Pterodactylus* ed altri rappresentanti della fauna del Weald, le danno certamente più l'aspetto giurese che cretaceo. Trattandosi poi di formazione lacustre e di un estuario, cioè di una formazione eccezionale, difficilmente le si troveranno equivalenti, che ne chiariscano i rapporti colla serie generale de' terreni. Io preferisco ad ogni modo di vedervi uno di quei depositi di transizione, che servono d'anello tra due epoche differenti, confermando una volta di più l'adagio, verissimo in geologia, che *natura non facit saltum*.

815. *Grès verde inferiore* o *Neocomiano superiore*. — Questa formazione ha immenso sviluppo, e può da sola far equilibrio a tutta la creta superiore. Sviluppatissima nel Giura, e principalmente a Neufchâtel, dal nome latino di essa città (*Neocomum*) fu detta *Neocomiano*. In Inghilterra consta di sabbie bianche, calcari, sabbie con parti verdi e calcaree, costituenti il così detto Rag di Kent, del complessivo spessore di circa 60 a 70 metri. Caratteristici di questo periodo sono: *Ancyloceras gigas*, *Nautilus plicatus*, *Trigonia caudata*, ecc.

816. *Gault*. — S'applica in Inghilterra il nome di *gault* ad una marna azzurra, dello spessore di 30 metri, che vi costituisce il membro inferiore del gruppo superiore della creta. Caratterizzato da ricca fauna, tra cui si distinguono i cefalopodi dei generi *Hamites*, *Scaphites*, si stende dall'Inghilterra fino ai piedi delle Alpi, trovandosi sviluppatissimo alla *Pêrte du Rhône*, ecc.

Al *gault* pajono doversi riferire i celebri depositi ad *Hippurites*, o in genere la formazione delle rudiste, così sviluppata nel mezzodì della Francia, nella Spagna, nell'Italia, nella Grecia, ecc.[1] L'*Hippurites orga-*

[1] Approssimativamente al livello del *gault* sono da collocarsi la puddinga di Sirone, in Brianza, ricca di *Hippurites*, tra le quali si distingue la specie *organizans*. Dicasi lo stesso dei calcari bianchi del Friuli, così ricchi di *rudiste*, illustrate dal Pirona, e della *ciaca*, ossia del *calcare di Palermo*, ricco anch'esso di *rudiste* e di *nerinee*, illustrato da G. G. Gemmellaro, che vi distingue due zone, l'una inferiore, riferibile appunto al *gault*, l'altra superiore, che potrebbe già riferirsi alla *creta bianca*, cioè al *Turonien* d'Orb., essendo caratterizzata dalla presenza della *Caprina Aguillonii* (fig. 114). Siccome poi abbiamo tutti gli indizi per ritenere la quasi identità geologica tra la Sicilia e le regioni più meridionali d'Italia, che ne sono separate per via dello stretto di Messina, così devesi anche in queste trovare sviluppatissima la *creta*. Una Memoria or ora pubblicata dal dott. Cosimo De Giorgi (*Cenni di stratigrafia*, ecc. Lecce, 1871) ci dice infatti come le calcaree a ippuriti, radioliti e sferuliti siano bene sviluppate nella provincia di Lecce, ove sono note sotto i nomi di *pietra viva*, di *selce*, di *pietra di Martina* e *di Ostuni*. Formano l'ossatura dei maggiori rilievi sulla linea da Taranto a Martina per Mottola. Discendendo verso Brindisi, ove si nascondono sotto le formazioni terziarie, risorgono, dirette verso l'Adriatico, e formano le

nizans è al tempo stesso e la specie più commune e la più caratteristica di questa formazione.

817. *Grès verde superiore.* — Grès a grani cloritici, sviluppato fin 30 metri nell'isola di Wight; forse non altro che un deposito littorale, contemporaneo della *creta bianca.*

818. *Creta bianca con selce e creta marnosa.* — La creta hianca consta, in Fraucia e in Inghilterra, di un carbonato di calce quasi puro, in letti sovrapposti ad altri sparsi di abbondanti nodi di selce, i quali, alla lor volta, riposano sopra una creta mista d'argilla. Il complesso vanta talora uno spessore di 300 metri, e l'estensione ne è assai considerevole. Dall'Irlanda si spinge fino in Crimea, sopra nna lunghezza di 1500 chil., e percorre 1100 chil. dalla Scozia meridionale fino al snd di Bordeanx. Alcnni fossili, e precisamente la *Belemnitella mucronata*, recatimi dal signor Meazza, ancora cospersi di creta, affatto simile a quella di Francia e d'Inghilterra, pongono fuori di dubbio il prolungamento di questa singolare formazione fino alle lontane regioni dei Kirghisi, nel cnore della Russia asiatica, prolungandola di forse altri 3000 chilometri. In Germania è sostituita dal *Quadersandstein*, arenaria sabbiosa, che forma le pittoresche bellezze della Svizzera sassone, e in Italia, dai calcari marnosi, svilnppatissimi in Brianza.

819. Si dispntò assai circa l'origine della *creta bianca*, che, litologicamente parlando, non trova un raffronto in nessnna formazione antica o moderna. In genere si inclina a crederla nn prodotto di escrementazione coralliua. Il microscopio mostra la creta riempita di frammenti di coralli, hriozoarî, spongiari, foraminiferi, infusorî. Si direbbe a prima vista nn prodotto di triturazione; ma pare invece che, nel caso, l'escrementazione vi abbia gran parte, forse la priucipale. Le lagnne degli atoll alle Bermude e alle isole Bahama hanno il fondo coperto di fango bianco, che non solo da triturazione, ma proviene altresì da materia fecale, come l'osservò benissimo Darwin nel Pacifico. Certi echinoderml, lo *Strombus gigas*, i pesci del genere *Scarus*, depongono feci calcaree, nutrendosi di coralli o fors'anche di altri auimali a scheletro calcareo. Alle Bahama nutronsi di coralli il *Cephalopterus*, il *Chætodon*, ecc. Il prodotto di tale escrementazione si assomiglia affatto alla creta. Dagli atoll delle Maldive è, per

Murgie, serie di colline, costituenti una specie di altipiano, elevato 200 m. sul livello del mare. La formazione cretacea contiona da Santa Cesaria e dal Capo di Leuca fin sotto Ugento, e trovasi in Andrano, Morciano, Salve, e forma uo argine alle onde del Tirreno, dove esso si bipartisce, creando i due grandi golfi dell'Adriatico e del Jonio. Il Capo di Leuca, coi rilievi da cui dipende, ne sono formati. Le rudiste vi abbondano talora in guisa da formare quasi da sole l'impasto delle calcaree.

via di stretti canali, trascinato in mare un fango, che ha tale origine, e colora le acque fino a grande distanza. Disseccato, mostrasi assai somigliante alla creta ordinaria. Una creta che potrebbe benissimo servire per scrivere sulla tavola nera, e che talora non si distinguerebbe punto dall'antica, è, secondo Dana, la roccia che costituisce in parte gli scogli corallini delle isole Sandwich. La creta antica è d'altronde alla sua volta seminata di coproliti di pesci.

820. Le recenti scoperte, circa le condizioni delle grandi profondità sottomarine, valsero tuttavia a scuotere radicalmente la fede, che si aveva intorno alla origine fecale della creta bianca. Abbiamo riferito come dalle profondità dell'Atlantico lo scandaglio di Brooke trasse un fango, composto in gran parte di foraminifere calcaree (§ 253). Quel fango parve molto somigliante alla *creta*. Più recentemente il fondo dell'Atlantico, alla profondità di 1478 metri (§ 260), trovossi composto di una specie di creta, che ha l'apparenza del caolino (tale è l'aspetto della *creta bianca*). A 2699 metri (§ 261), il fondo constava di fino fango marnoso. Il fango, raccolto alla profondità di 4453 metri (§ 262), non si potè definire altrimenti che come una *creta* fangosa (*chalk-mud*).

821. Tali scoperte, ripeto, danno molto a pensare; ed io confesso che mi sento ora propenso a riconoscere nella *creta bianca* un prodotto organico, formatosi a grandi profondità sottomarine, piuttosto che un prodotto di escrementazione corallina. Se la creta è una derivazione di grandi banchi di corallo, perchè non troverebbersi poi i banchi stessi dai quali era derivata? Su tutta l'immensa estensione occupata in Europa e in Asia dalla creta bianca non si trova, per quanto io so, nè un banco di corallo, nè alcuna delle varie roccie costituenti la litologia corallina, così minutamente descritta da Dana.[1] Anche l'immane estensione del deposito è un argomento in favore della sua origine prettamente oceanica. Miglia quadrate 78000 misura il deposito di fango, composto, in ragione dell'85 per °/₀ di rizopodi calcarei, tra l'Irlanda, la Nuova Finlandia e le Azorre.[2] Del resto lo stesso fenomeno, come asserimmo sulla fede di Maury,[3] si verifica nell'Atlantico, come nel Pacifico, sotto i tropici, come nelle regioni più fredde. Sarebbe davvero un fatto singolare, un fenomeno d'immensa portata per la geologia, quando si venisse a dimostrare, che, in epoca relativamente recentissima, una così gran parte dell'antico continente fosse ancora un Oceano, della profondità di 2000 a 5000 metri,

[1] Volume primo. § 340.
[2] *Ib.*, § 322.
[3] *Ib.*

mentre sulla stessa area sorgono ora così colossali rilievi. L'oceano cretaceo, misurandolo dall'Irlanda alla terra dei Kirghisi avrebbe occupato, colla sua massima profondità, una larghezza maggiore dell'Atlantico.

822. Quanto ai nodi silicei, così fitti talora nella creta bianca da darle l'apparenza di un conglomerato, io ritengo, che se ne debba attribuire la formazione alla forza elettiva dei corpi organici, che agivano come centri di attrazione della silice, mista al calcare, dovuta in prima origine agli organismi silicei. Ne ragioneremo nella *endografia*, trattando in genere della origine dei depositi silicei.

823. Circa la fauna della *creta bianca*, osserveremo che i generi *Ananchytes* e *Inoceramus* sono i più caratteristici della creta bianca. Specie caratteristiche sono pure i *Micaster cor-anguinum*, *Belemnitella mucronata*, *Baculites anceps*, *Scaphites aequalis*, *Turrilites costatus*, *Ostrea carinata*, ecc. È notevole singolarmente l'abbondanza dei cefalopodi, specialmente degli *Ammonites*. Sharpe ne annera 46 specie nella sola creta bianca (*chalk*) d'Inghilterra, tra le quali avremmo, come eminentemente caratteristico, l'*A. rhotomagensis* Defr. (fig. 70). Vi si aggiungono 11 specie di *Nautilus*.

824. *Strati di Maestricht e calcare di Faxoe.* — Gli strati di Maestricht, ricchi di una fauna propria, contengono delle *Voluta* e delle *Fasciolaria*, che richiamano la fauna terziaria; ma nel tempo stesso dei generi caratteristici della *creta* (*Baculites*, *Hamites*); ed anzi delle specie communi alla *creta bianca* (*Belemnites mucronatus*, *Himipneustes radiatus*). Distintissimo fra i fossili di Maestricht è il *Mosasaurus Camperi*, sauriano che poteva avere 7 metri di lunghezza. Anche il calcare di Faxoe (isola Seeland in Danimarca), che si può dire un banco di coralli, contiene la *Belemnitella mucronata* con altri fossili cretacei. Nello stesso tempo però vi esiste il *Nautilus daniensis* del calcare pisolitico di Laversine in Francia.

825. Nel Nord-America, benchè il sistema cretaceo sia sviluppatissimo, non potè finora parallelizzarsi, membro per membro, col cretaceo d'Europa. Dana si accontenta di distinguere un cretaceo inferiore e un cretaceo superiore (*earlier cretaceous* e *later cretaceous*); ma questi due piani sembrano corrispondere alla metà inferiore del sistema cretaceo d'Europa. La creta si scopre ad intervalli lungo l'Atlantico, a sud di Nuova York, da New-Jersey alla Carolina del sud, stendendosi sugli Stati del Golfo e guadagnando l'interno sui fianchi delle Montagne di Roccia. Si stende inoltre dal Texas alle sorgenti del Missouri, donde si spinge nelle regioni del Rio Colorado. Appare nel Saskatchewan, nell'Assiniboina e sulle coste del mare Artico alle foci del Mackenzie.

Sulle coste del Pacifico la creta si stende in California, nell'isola Vancouver, ecc.

La creta nel Nord-America consta di sabbie, marne, argille, calcari. Vi predominano le sabbie assai fossilifere. La potenza complessiva degli strati è di 400 a 500 piedi nella New-Jersey, di 500 a 600 nell'Alabama, di 800 nel Texas, di 2000 a 2500 nel Missouri. La fauna è in tutto e per tutto somigliante alla europea, quanto all' *habitus*, benchè consti, per la massima parte, di specie particolari al Nord-America.

La flora è ricchissima. La metà delle piante è però affine agli alberi delle americane foreste: *Liriodendron*, *Quercus*, *Fagus*, *Cornus*, *Populus*, *Salix*, *Alnus*, *Platanus*, *Taxodium*, ecc. Nel cretacee dell' isola Vancouver troverebbersi le prime palme.

826. Da quanto si è detto, il lettore si sarà formata un'idea dell'immensa estensione occupata dai terreni cretacei, quindi della riduzione che dovrebbero subire i nostri continenti, per rappresentare l'epoca della creta. Una vastissima regione delle Ande e delle Montagne di Roccia era sommersa. Le Alpi, i Pirenei, l'Himalaya, o erano coperti dalle acque o non formavano che isolati rilievi, poco considerevoli. Gli Urali e le montagne della Norvegia, scrive Dana, rappresentavano le regioni più vaste d'Europa, come quelle del Nord-America erano rappresentate dagli Appalachian e dalle alture laurenziane del Canadà. L'Europa e il Nord-America si riducevano ad un arcipelago. Lo stesso si può dire quasi con certezza dell'Asia e dei continenti tutti, raggruppati a nord, il cui rilievo ne' suoi tratti più esagerati è dovuto, come vedremo, al sollevamento che avvenne dopo il periodo eocenico; sollevamento, la cui meravigliosa portata è chiarita dalle enormi elevazioni, attinte dagli strati nummulitici nelle principali catene dell' Asia e dell' Europa.

Quando si parla della elevazione delle grandi catene, vi si comprendono naturalmente le regioni che ne dipendono orograficamente e geologicamente. Queste senza dubbio devono scomparire col sommergersi delle grandi catene. Italia nostra, p. es., scompare, portandoci all'epoca della creta, non rimanendone forse che alcuni scogli, allineati nel doppio senso delle Alpi e dell' Apennino. Un esempio ne abbiamo nell' isola cretacea, indicata nella *Maurienne* (Savoja) dagli strati nummulitici, sovrapposti immediatamente agli strati giuresi. Ma è poco probabile che quelle isole avessero una estensione appena considerevole o, diremo, un valore continentale. Io credo che i limiti attuali dei diversi terreni, facendo ragione alle erosioni ed al divaricamento prodotto dalle grandi squarciature, sono assai più angusti dei limiti dei mari, nel cui seno i diversi terreni si formavano un giorno.

827. Non solo la fauna del Nord-America si mostra mirabilmente uniforme a quella d'Europa, quanto ai tipi generici dei rettili e di tutti gli

animali marini; ma vi ha un bel numero di conchiglie, communi alla creta dei due continenti. Anzi Dana cita 30 specie all'incirca, oltre alcune meno certe, che l'Europa divideva colle più estranee contrade: Nord-America, Sud-America, India, Asia in genere, ecc. Ne riporto la lista dallo stesso Dana.

	Europa	Nord America	Sud America	Asia sud-ovest	India
Creta inferiore					
Ostrea larva	+	+	—	—	+
Gryphæa levigata	+	+	—	+	—
Exogyra levigata	+	—	+	—	—
» Boussingaultii	+	+	—	—	—
Inoceramus Crispii	+	+	—	—	—
» latus	+	+	—	—	—
» mytiloides	+	+	—	—	—
Neithea Mortoni	+	+	+	—	+
Pecten circulans	+	+	+	—	+
Trigonia limbata	+	—	—	—	+
» aliformis	+	+	+	+	—
» longa	+	—	+	+	—
Hippurites organizans	+	—	—	—	—
Nerinæa bisulcata	+	+	—	—	—
Baculites anceps	+	+	+	—	—
Ammonites anceps	+	+	—	—	—
» bogotensis	+	—	+	—	—
» dumasianus	+	—	+	—	—
» didayanus	+	—	+	—	—
» galeatus	+	—	+	—	—
» Vandecki	+	—	+	—	—
» Tethys	+	—	+	—	—
» prælongus	+	—	+	—	—
» simplex	+	—	+	—	—
Toxaster complanatus	+	—	+	—	—
Creta superiore					
Saurocephalus lanciformis	+	+	—	—	—
Lamna acuminata	+	+	—	—	—
Belemnitella mucronata	+	+	—	—	—
Gryphæa lateralis	+	+	—	—	—
Nucleolites crucifer	+	+	—	—	—

828. Chiuderò con un cenno sulla climatologia cretacea. — Il clima della creta era ancora caldo decisamente. Dal 60° di latitudine a nord fino allo stretto di Magellano a sud regnava, dice Dana, un clima tropicale

in America. La identità specifica o generica delle faune ci autorizza ad allargare i confini della zona torrida in Europa. La zona torrida cretacea comprendeva tutta l'attuale regione temperata. Lasciando di ragionare sul complesso della fauna cretacea, piglieremo i coralli, i quali possono chiamarsi il miglior termometro del globo. I coralli cretacei d'Inghilterra e dell'Europa in genere sono strettamente affini alle grandi specie, che edificano attualmente i famosi *atoll* entro i confini della zona torrida. Quelle specie sociali sono limitate, salvo qualche eccezione, entro il 23° di latitudine nord e sud. Il clima d'Inghilterra, del Missisipi, dello stretto di Magellano era dunque tale, quale riscalda al presente le regioni a 23° dell'equatore; era un clima subtorrido.

829. La recente scoperta di una flora artica dell'epoca cretacea ci permette di spingere ben più oltre verso il polo le nostre indagini sul clima di quell'epoca.[1] Un buon numero di piante fossili venne scoperto presso Kome, nel golfo di Homenach, in Groenlandia, verso il 71° di latitudine boreale (70° $^2/_3$) e il 52° di longitudine occidentale. Il deposito contiene anche un letto di lignite, con abbondante solfato di ferro, che impregna le roccie associate. Esso deposito riposa sul gneiss, ha per base la lignite, e consta del resto di arenarie e di schisti argillosi, contenenti altra lignite e piante fossili. Le piante abbondano maggiormente in altra non lontana località, cioè a Sarfarfik, dove trovasi lo stesso deposito nelle identiche condizioni. Le piante di Kome, riconosciute come cretacee da Heer, sono Felci e Gimnosperme (Conifere). La *Sequoia Reichenbachi* Gein. della famiglia degli abeti, è molto sparsa nella creta, e precisamente nel *Quadersandstein* e nel *Plänersandstein* (Cénomanien) di Sassonia, Boemia, Moravia, Belgio. Tra le felci si numerano diverse *Gleichenia*, p. es. la *Gleichenia Zippei*, specie cretacea dell'Austria, di Boemia e del Quedlinburg. Il *Danaeites firmus* appartiene a un genere di felci, che vanta una specie molto affine nella creta dell'Europa. La *Sclerophyllina dichotoma* (Felce) e il *Zamites arcticus* (Cicadea), sono somigliantissime alla *Sclerophyllina nervosa* e al *Zamites Lyellii* della creta del Weald. Queste specie si trovano nello schisto argilloso, e, a quanto pare, in quello che copre immediatamente la lignite di Kome. La stessa lignite dunque deve ritenersi cretacea.

830. Ecco, come osserva Heer, i primi fossili terrestri dell'epoca cretacea, scoperti nella zona polare, la quale non ne aveva finora forniti che di marini. È una gran ventura per la scienza di avere in mano un tale elemento, per desumerne le condizioni climatologiche dell'epoca, sotto

[1] Vedi O. Heer, *Flora fossilis arctica*, 1868. Parte I.

una latitudine così avanzata. Non saranno dunque superflue più speciali nozioni su quella flora. Essa si compone per ora di 16 specie. Sono 10 felci, 1 cicadea, 1 della famiglia dei cipressi, 3 della famiglia degli abeti, in fine 1 *Fasciculites*, l'unica pianta appartenente alla gran classe delle *monocotiledoni*. Finora nessuna *dicotiledone*, nessuna cioè di quelle piante fruttifere, che formano la principale ricchezza dell'epoca attuale.

831. Cercando di dedurre la climatologia di quell'epoca dal confronto fra quelle piante fossili e le viventi, scopre il signor Heer che quelle felci trovano le analoghe viventi nell'India, e nel Sud-America. La *Gleichenia Gieseckiana* si colloca nettamente in mezzo a un genere, sparso già in Europa nell'epoca cretacea, e vivo ora soltanto nell'Africa meridionale, nell'India, nel Sud-America e nell'Australia. Dunque nell'epoca cretacea verdeggiavano oltre il 70° di latitudine nord quelle foreste di conifere, di cicadee, di felci, che ora non trovano modo di prosperare che nelle regioni tropicali o subtropicali dell'India, dell'America, dell'Australia e dell'Africa meridionale.

CAPITOLO XXII.

QUADRO RIASSUNTIVO DELL'ÊRA MESOZOICA.

832. Facciamo un'altra sosta, per misurare l'êra percorsa, come già misurammo le due che la precedettero, e rilevarne, per così dire, la prospettiva. Anche la mesozoica fu un'êra immensa, come lo desumiamo dallo spessore delle formazioni che le appartengono. Secondo i calcoli di Dana, la durata dell'êra mesozoica, in confronto con quella della paleozoica, starebbe come 4 a 14, sarebbe cioè poco più di un terzo. Ma il geologo americano non aveva ancora precisa notizia degli studî più recenti, che accrebbero di tanto la mole del trias, principalmente coll'aggiunta delle colossali formazioni del trias superiore delle Alpi.

833. Io credo che lo spessore dei terreni mesozoici possa, con discreta approssimazione, valutarsi secondo il seguente specchio: [1]

Terreni triasici	3200 metri
» giuresi	1400 »
» cretacei	1900 »
Totale dei terreni mesozoici. . .	6500 metri

Essendosi assegnato uno spessore di circa metri 16800 (piedi 51800) ai terreni paleozoici, la durata dell'êra mesozoica sarebbe uguale a $^5/_{13}$ di quella della paleozoica, cioè le due epoche starebbero in ragione di 5 a 13.

834. L'êra mesozoica non si inaugurò, a quanto pare, con tale universalità di cataclismi, e con sì improvviso estinguersi e rinnovarsi dei viventi, che tolga l'idea di una transizione qualunque, per cui non v'ha epoca,

[1] Gli autori assegnano 360 metri alle arenarie variegate di Germania, e 350 metri al Muschelkalk. Il Keuper ne dà circa 318 nella Germania nord-ovest, secondo Alberti. L'infralias delle Prealpi lombarde non deve aver meno talora di 600 metri di spessore. Al lias si assegnano 300 metri, ma può averne 600 sul lago di Como. Assegniamone ai terreni dell'oolite almeno 300, cifra che raggiunge nel Nord-America. Lo spessore dei terreni cretacei è abbastanza precisato in Inghilterra, ove si assegnano 18 metri al wealdiano, 70 m. al grès verde inferiore, 30 m. al gault, 30 m. al grès verde superiore, 300 m alla creta bianca.

non v'ha periodo, che non si mostri, in certa guisa, innestato, nascente dall'epoca, dal periodo precedente.

Il permiano ha già realizzato una tale transizione dall'êra paleozoica alla mesozoica. Noi vedemmo (§ 522) come la fauna e la flora permiane siano una fauna e una flora di transizione, che si andava operando su tutta la superficie del globo (§ 523). La transiziono dall'êra paleozoica alla mesozoica è marcata, secondo Dana, da alcuni fatti, ai quali però si annette, secondo me, il concetto di una lenta evoluzione, di cui vediamo i grandi risultati finali, senza poterne nè sorprendere il principio, nè definire le fasi. I fatti accennati sono i seguenti: 1.° Completo sterminio dei viventi nell'êra paleozoica; 2.° Estinzione di molti tipi, deperimento di altri, cambiamento generale del carattere della animalizzazione; 3.° Sviluppo di grandi rilievi, o grandi cambiamenti nell'orografia del globo; 4.° Ripiegamenti o cristallizzazione delle formazioni paleozoiche in più regioni del globo.

Ammettiamo senza discussione i primi due fatti: il 3.° risulterà provato nella sintesi, come lo fu già nell'analisi di tutti i periodi postpaleozoici; il 4.° soltanto andrebbe fondamentalmente discusso; ma ciò, come ogni questione di metamorfismo, esce dai limiti che ci siamo per ora prefissi.

835. Sembra veramento che tra il permiano e il trias abbia avuto principio, in grado minimo però, quel movimento oscillatorio-ascensionale, che produsse, come ultimo risultato, il rilievo dei continenti attuali. Osservando in grande l'andamento dei terreni nei diversi continenti, ciò che si ottiene, p es., riducendo ai minimi termini la *Carta geologica della terra* pubblicata da J. Marcou (lavoro già necessariamente ridotto ai grandi tratti), si osservano rapporti abbastanza costanti tra i terreni più recenti, cominciando dal trias, e i terreni paleozoici, compresevi provvisoriamente le grandi masse granitiche o cristalline in genere. Ogni continente, o meglio ogni grande rilievo del globo, è costituito (avverto di prendere la cosa in senso molto largo) da un nucleo paleozoico, rivestito all'ingiro dalle formazioni più recenti, che gli si addossano a guisa di mantello. Meglio ancora si direbbe, che le formazioni recenti rappresentano, sempre in larghissimo senso, altrettanti irregolarissimi cerchi concentrici, di cui le formazioni paleozoiche occupano il centro. Il cerchio di ciascun terreno è altrettanto più lontano dal centro, quanto è più recente. Tale disposizione risponde appuntino all'idea che, quando le formazioni paleozoiche furono deposte (il che esigova necessariamente una depressione, o meglio un sistema di depressioni, continuate per un'epoca di indefinita durata), abbia avuto principio, sulle aree stesse, in alcuni punti, un movimento opposto, cioè un movimento ascensionale. L'effetto di tale movimento

esser doveva la formazione di un certo numero di rilievi centrali, di un certo numero di embrioni degli attuali continenti, costituiti dalle antiche formazioni.

836. Attorno a ciascun rilievo si deponeva, in gran parte a spese del rilievo stesso, una zona sedimentare recente. Continuando il moto ascensionale, la zona dei sedimenti doveva necessariamente spostarsi nella direzione dal centro alla periferia. Vedremo come continua, con mosse assai più rapide e decise, nell'epoca seguente. Ben inteso che, come la depressione delle nostre aree continentali nelle epoche paleozoiche si operò mediante una serie di oscillazioni d'alto e basso; così, per una serie di oscillazioni, si operò il sollevamento, che le mise all'asciutto nelle ere *mesozoica*, *cenozoica* o *neozoica*. Se i grandi tratti della stratigrafia del globo rispondono all'idea di una grande oscillazione (di un movimento discensionale dapprima, ascensionale dappoi), la quale impiegò al suo compimento tutto quel lasso incalcolabile di tempo, che separa i primi depositi protozoici dai più recenti depositi antropozoici; i particolari della stessa stratigrafia traducono in fatto il concetto di un numero infinito di oscillazioni, in cui, per così dire, si spezzò la grande. Quando vibra una corda musicale, oltre al vibrare nella sua totalità, si divide in un fisso numero di parti aliquote, o di *linee nodali*, ciascuna delle quali vibra alla sua volta, compiendo, quasi fosse indipendente, un certo numero di vibrazioni a sè. Nel tempo che una corda compie una vibrazione, le linee nodali ne compiranno, con fissa proporzione, cento. È una similitudine cavata dalle nozioni più elementari dell'acustica, che risponde a pennello al nostro concetto.

837. L'*epoca triasica* già depone in favore del modo di vedere enunciato. Abbiamo nel *trias* una serie di terreni, che, in grazia di alcuni dati paleontologici, scarsi, ma caratteristici assai, si distinse in tutte le regioni del globo. Ma se notiamo da una parte, almeno entro certi limiti, una singolare uniformità litologica (§ 661), abbiamo d'altra parte alcuni dati specialissimi, per cui il trias si può dire, nella sua universalità, localizzato, frazionato, più d'ogni altro terreno di lui più antico. Ciò doveva necessariamente avvenire col moltiplicarsi dei rilievi entro le attuali aree continentali, onde venivano i mari, come lo sono oggi in grado eminente, localizzati, frazionati. Si aggiunga che sono marcatissimi, in molte regioni, i caratteri di una formazione eminentemente littorale, o, quel che è più, di mari interni.

838. Abbiamo veduto, p. es., come in America il trias occupi due vaste regioni, che indicano già due bacini affatto distinti (§ 659). La *regione littorale atlantica*, paese di bassi fondi, di acque dolci o salmastre: la

regione occidentale interna, un mare interno, ossia un caspio, salato in eccesso, ove impossibile è la vita. Le roccie sono conglomerati, schisti e arenarie variegate, i cui materiali sono evidentemente rapiti alle roccie cristalline già emerse, cioè formanti parte di quegli antichi rilievi. Le celebri orme del Connecticut (§ 691) mostrarono però come il *bacino atlantico* subisse un moto di lenta depressione, opposto al movimento ascensionale, che dovette dapprima determinarne la formazione.

839. Quanto all'Europa, sembra che, sul principio dell'epoca triasica, rappresenti essa un vasto Mediterraneo, o meglio una vasta regione di bassi fondi. Le puddinghe e le arenarie variegate si deponevano in Inghilterra e in Francia, come in Germania e nella regione delle Alpi. Le roccie cristalline anche qui ne fornivano gli elementi.

Le orme dei *Labyrinthodon* (§ 687) accennano una regione posta in condizioni molto somiglianti al bacino del Connecticut. Le medesime condizioni durarono in Inghilterra e in Francia per tutta l'epoca triasica, anzi si peggiorarono.

I bassi fondi si conversero, qua o là, in laghi interni. Gli immensi depositi di sale (§ 663) lo attestano, e nelle condizioni medesime dovremo forse cercare le ragioni degli immensi depositi di gesso, che al sale si associano. Dell'estensione di tali regioni, in tali condizioni, non meravigliamoci. Il Sahara, or ora, come dimostreremo, e non per intero prosciugato, era, ed è in parte ancora, un ritratto abbastanza fedele e visibile di quelle regioni, che noi siamo costretti a immaginare: una regione di basse terre, di laghi salati in eccesso, e poc'anzi una regione di bassi fondi, ove si formava uno sterminato deposito di gesso. Mentre così procedevano le cose in Francia e in Inghilterra, troviamo che in Germania, invece, un opposto sistema di oscillazioni convertiva gran parte di quel Mediterraneo in mare d'acque limpide e profonde, propizie alla vita dei testacei marini, che contribuirono cotanto alla formazione del calcare del *Muschelkalk*. Più tardi vi si rinnovarono le primitive condizioni, e formaronsi le marne e le arenarie variegate del Keuper (§ 661).

840. La regione delle Alpi presenta uno spettacolo ben singolare. Posta nelle stesse condizioni del resto d'Europa, nei primordî dell'epoca triasica, s'ebbe le sue puddinghe e le sue arenarie variegate. Seguì poscia le evoluzioni della Germania, e divenne regione di calcari durante il periodo del Muschelkalk. I calcari magnesiaci e varicolori, che vi si deposero, non erano, pare, propizî, come in Germania, allo sviluppo, o piuttosto alla conservazione, degli organismi marini: quei calcari sono nelle Alpi poveri di fossili.

841. Nell'ultimo periodo del trias (*trias superiore*), la regione delle

Alpi fece, per così dire, causa da sè. In preda alle più singolari vibrazioni, mutando e rimutando i suoi fondi, die' luogo a sì vario complesso, che noi vi potemmo distinguere almeno cinque zone, spesso assai miste e complicate, provviste ciascuna di una fauna distinta.

Dapprima si deposero delle calcaree, e, in limitate località, delle marne, così marcate a San Cassiano da quelle miriadi di conchiglie che abitavano quei lidi fangosi. In Lombardia, invece, si mostrano più abbondanti le reliquie di pesci e di rettili (§ 714). Più tardi abbiamo dovunque nelle Alpi un limpido mare, ove svolgesi la bellissima fauna testacea di Hallstatt (§ 717).

È veramente singolare il vedere come, posteriormente a quest'epoca, certo per l'effetto di una oscillazione dal basso all'alto, anche la regione delle Alpi seguisse davvicino la fortuna ch' ebbe tutta l' Europa nel periodo delle *marne iridate*. Anche il bacino alpino è inquinato da quella copia strabocchevole di fanghi rossi, verdi, gialli, seco recanti lo sterminio e la morte (§ 717). Ma, per un seguito ben singolare di oscillazioni, la vita e la morte si alternavano sui fondi alpini, coll'alternarsi continuo delle roccie varicolori, coi calcari, colle arenarie, coi fanghi communi.

Anzi il mare fu a volte a volte sì puro nella regione subalpina, che ammiriamo in Lombardia e selve d'encrini, e banchi di corallo, che crebbero in mezzo alla fauna animatissima degli *Strati di Raibl* (§ 422).

842. Ma il mare di nuovo si apre, si purifica, si sprofonda. Io non so immaginarmi altrimenti quel mare subalpino, in cui si deposero successivamente tante calcaree pure o magnesiache (*Strati di Esino* e *Strati a Megalodon Gümbelii*), ricche di una sì splendida fauna, se non come un mare aperto, lontano da ogni costa, un mare di coralli. La durata di questo periodo calcareo fu immensa, se dovette lasciar tempo ai depositi calcarei e dolomitici di acquistare uno spessore di forse 1500 metri. Ho detto: mare di coralli; ma meglio avrei detto: *mare di spugne*.

Io credo infatti che l' origine delle calcaree di Esino (§ 428) e degli strati a *Megalodon* (§ 435) deve ripetersi specialmente dall'ingente lavorio dello mostruose *Evinospongia* (§ 670), che fin dal *periodo di Raibl* cominciarono ad avere il dominio dei mari. Alle spugne si associarono, nell' opera, i banchi di corallo e un numero infinito di grossi testacei, fra cui si distinguono le gigantesche *Chemnitzia*, e, più di tutti, i robusti *Dicerocardium* (§ 677), tipo nuovissimo, isolato in questo periodo, senza attinenze nè col passato nè col futuro.

843. Altre vicende succedevano intanto fuori dei dominî dell' Europa e del Nord-America. Nel Bengala, nel Dekkan, in Australia, p. es., o

si mantennero, o si rinnovarono, o si produssero, le condizioni dell'epoca carbonifera: basse terre, coperte di ricche foreste, trasformate in carbon fossile (§ 660). Migliori studi riveleranno quali fossero in quell'epoca le condizioni nell'America meridionale, occupata anch' essa dai mari del trias (§ 659).

844. Anche l'epoca triasica fu un' epoca di clima universalmente caldo. Lo attestano i coralli, lo spugne, e, tra le piante, le prime Cicadee. Ad onta che i mari e le terre formassero già dei sistemi indipendenti, le faune e le flore non cessarono dal presentare quel carattere di uniformità che caratterizza le epoche più antiche. Basti citare i *Labyrinthodon*, che vivevano contemporaneamente in Europa, in Asia, e in America (§ 690). Ai numerosi tipi della creazione, che ormai non giova, nè per tanto nè per poco, nominare, si aggiungono gli uccelli (§ 695). Ma essi appartengono alla pesante famiglia degli struzzi. Le foreste triasiche non risuonano ancora dei lieti canti, onde sono rallegrate le nostre. Qual pro alla terra d'uccelli canori? Era ben lungi ancora l'essero intelligente, che avrebbe gustato nel canto spigliato dell'aerea allodoletta il diletto di una libertà innocente, e nelle flebili note del notturno usignolo le delizie della meditazione e le gioje di un casto amore. Notiamo però come l'apparizione degli uccelli fu repentina, spettacolosa, come già quella dei pesci nell'epoca devoniana. Lo attestano le impronte del Connecticut, così varie, così numerose.

845. Ormai dunque è completa la serie dei tipi che formano lo spettacolo variissimo del mondo presente. Non mancano che i mammiferi! Eppure ci resta ancora così lunga via per giungere all'epoca nostra! Eppure il globo e i suoi abitatori devono compire ancora migliaja di energiche evoluzioni, per trovarsi a quel posto in cui stanno attualmente!....

846. Spunta l'epoca del Giura.... La povertà degli studi ci confina quasi esclusivamente all'Europa.

Per compenso, i particolari raccolti non lasciano nulla a desiderare, per l'esatta compilazione della storia di quest' epoca europea, quando ne avessimo agio. Abbiamo di più il vantaggio, anche per riguardo a tutte le epoche più recenti, che i terreni essendo in Europa perfettamente concatenati, vediamo in essa svolgercisi davanti, quasi un'azione continuata sopra un immenso teatro, tutta quella serie smisurata di epoche, che corsero dai primordi del trias fino ad oggi.

L'Europa è, per le epoche postpaleozoiche, ossia per la storia moderna del globo, quello che il Nord-America per le paleozoiche, ossia per la storia antica della terra.

847. A'mari triasici, che erano, in generale, chiusi, impuri, esiziali

alla vita, si vanno sostituendo mari aperti, acque limpide, lidi animatissimi. L'Europa si presentava in quel tempo sotto forma di un vasto arcipelago di isole lussureggianti di vegetazione, formicolanti di rettili mostruosi, sotto un cielo infuocato, ove altri rettili disputavano agli uccelli i campi dell'aria, cinte da mari, ove ferveva la vita in quanto v' ha di più vario fra gli abitatori delle onde. Anche nell'epoca giurese però più e più volte rimutaronsi i mari e le terre, e con loro rimutaronsi gli abitatori delle terre e dei mari.

848. Sullo spirare dell'epoca triasica pare che una terra, forse un'isola allungata, come tante se ne contano nei mari attuali, si distendesse attraverso l'area occupata attualmente dall'Europa. Il supposto è assolutamente esatto dalle circostanze dell'infralias inferiore, il quale, mantenendo più o meno spiccati i caratteri littorali, si spinge, dal nord d'Irlanda e dal sud d'Inghilterra, sul continente, quindi fin verso il Mar Nero, comprendendo in una zona semicircolare, diretta da ovest a est, tutte le regioni che sono al di qua delle due grandi valli del Reno e del Danubio, pigliando, per limite più meridionale, il golfo della Spezia. Se a nord di questa gran zona, come nel Luxembourg, nella Svevia, ecc., prevalgono, in genere, i grès, indizi di littorali più vicini alle terre; a sud, come in Savoja, in Lombardia, pigliano sopravvento le calcaree marnose e gli schisti argillosi, estremi depositi sedimentari, più avanzati verso l'aperto mare.

849. L'abbondanza de' coralli, dove, come si verifica specialmente nelle Prealpi, alle pure calcaree si associano roccie marnose, dice abbastanza come ci troviamo sufficientemente lontani dal lido, perchè ai finissimi depositi detritici si sostituissero puri banchi corallini.

È uno di essi banchi quello che, in un lasso di tempo illimitato, ebbe campo di estendersi su tutta la regione delle Prealpi in Lombardia (§ 675). La fauna di quel mare infraliasico mantiene ancora, benchè dilavata, l'immagine del trias, in alcune forme di molluschi (§ 671). Ma la nuova impronta dell'epoca giurese vi prevale ad esuberanza. Per la prima volta appajono sulla terra gli echini irregolari, destinati a presentare tanto sviluppo nelle epoche future; per la prima volta il genere *Belemnites*, in cui sembra, per dir così, personificata l'epoca giurese, e, a coronar l'epoca, la natura depone sulla faccia della terra il primo mammifero. Il *Microlestes antiquus* non è che un marsupiale della grossezza di una talpa; si direbbe un aborto, un primo tentativo della natura: a lui si univano altre due specie sorelle (§ 658) egualmente umili e piccine. Di più non sappiamo; ma intanto l'opera della creazione animale è, se non completa, almeno completamente abbozzata. Notisi però come l'apparizione dei mammiferi non fu, come quella degli uccelli, dei pesci, dei crostacei, repentina, spettacolosa;

ma quieta, stenta e quasi furtiva. Chi riuscirà a spiegare tanti misteri del creato? non certo la teorica di Darwin.

850. Se nei periodi, che decorsero, dopo che gli strati ad *Avicula contorta* furono deposti, si può dire i cambiamenti essere stati continui e multiformi nel mondo organico del pari che nel mondo inorganico; non si può dire del pari, ch'essi cambiamenti fossero così radicali, che all'epoca giurese non si possa attribuire come caratteristica l'uniformità nella varietà. Litologicamente parlando, i terreni giuresi consistono in una alternanza di strati o formazioni calcaree, marnose, argillose. Tale alternanza si verifica tanto nel verso dell'estensione, quanto nel verso della sovrapposizione. I grès costituiscono, in genere, una eccezione.

851. Già l'*infralias superiore* (strati a fauna di Hettange, § 676) si atteggia nel senso suddetto. Mentre la regione alpina presenta un mare di calcari coralliferi, nel Luxembourg e altrove continuano i littorali arenacei del periodo antecedente. Più tardi l'Europa presenta lo spettacolo della più grande uniformità. Le calcaree, più o meno compatte, più o meno marnose, si distendono ovunque. *Ammoniti* dalle forme gigantesche o *Belemniti* diverse, signoreggiano liberamente le onde, mentre il fondo si converte, universalmente, e quasi letteralmente, in un banco di ostriche. L'*Ostræa arcuata* permette a stento che si sviluppi la ricchissima fauna marina del *lias inferiore*, formazione eminentemente europea. Nel lias medio e inferiore prevale nelle calcaree il carattere marnoso. Le *Belemniti* e gli *Ammoniti* variano, si moltiplicano sugli animatissimi littorali, a miriadi, a banchi, come attualmente i polpi o le meduse. Forse, come le meduse servono oggi di pasto alle balene, così ammoniti e belemniti erano preda de' mostruosi ittiosauridi, che, in pari tempo, formavano eserciti di predoni nel mare.

852. L'uniformità orografica dei primordî del lias era però già rotta. Le regioni alpine facevano sistema da sè. I *calcari rossi ammonitici* dell'Italia subalpina o apennina (§ 682) accusano condizioni affatto parziali, le quali si mantennero per gran tempo, anche nei periodi giuresi posteriori, quando gli *Aptichi* del Giura tappezzavano, a guisa delle viventi *Anatife*, le rive del mare, ove continuavano a deporsi, ricchi di selce, i calcari rossi marnosi, che si dissero appunto *calcare rosso silicco ad Aptichi* (§ 694). Più tardi ancora le bianche calcaree, assai pure, che ebbero nelle Prealpi il nome di *Majolica*, sembrano unire, petrograficamente e paleontologicamente, il *Giura* alla *Creta*.

853. In Germania, invece, troviamo quella serie stupenda di zone sovrapposte, descritte da Quenstedt e da Oppel, ove, i passi mutati dal tempo sugli imperturbati, regolarissimi depositi, sono segnati da cento faune successive, tutte comprese nel sistema del Giura.

la Francia e in Inghilterra specialmente, abbiamo gli indizi di maggiori mutamenti, prodotti da continue oscillazioni, le quali si tradussero in quella serie di accidenti stratigrafici e paleontologici, per cui riesce così singolare e interessante la serie oolitica in quelle due contrade di Europa, specialmente nella seconda. La serie oolitica d' Inghilterra è quella infatti che fu assunta come *tipo* dalla scienza stratigrafica.

854. Sopra i depositi del lias si depongono le calcaree e le sabbie della *inferiore oolite* (§ 785), ricchissime di conchiglie. Quegli stessi mari, divenuti in seguito più limpidi e aperti, e sede gradita ai coralli e agli encrini, sono poi tosto, probabilmente per un effetto di un rapido sollevamento, ridotti alle condizioni di una maremma o di un estuario. Le argille, ossia i fanghi di Bradford, che investono e atterrano la selva di encrini, che cresceva sul fondo schietto e tranquillo di Bath, i tronchi d'alberi del *Forest Marble*, le argille o i grès del *Cornbrash* (§ 786), sono testimonî innegabili di una tale improvvisa evoluzione. Le condizioni di un littorale sabbioso o fangoso durano lungo tempo, tanto che le *argille d'Oxford*, classiche per le intatte dovizie di una splendida fauna, acquistino uno spessore di 150 metri (§ 788). Ma un nuovo sistema di oscillazioni rimena quei fondi negli alti domini del mare, e mille generazioni di coralli elevano i colossali edifici del *Coral-rag*. Le *Nerinea* e i *Diceras* accrescono il numero e la singolarità dei gasteropodi o degli acefali. Ai calcari corallini del *Coral-Rag* si addossano le enormi masse calcaree del *Kimmeridge*. Ma intanto le vibrazioni terrestri operano a produrre un sollevamento nel sud d'Inghilterra. Dalle calcaree e dalle sabbie littorali del *Portland* (§ 790) passiamo infatti alle alternanze maremmane del *Purbeck*, finchè inopinatamente troviamo, nel celebre *Dirt*, un saggio di quelle terre lussureggianti, che dovemmo sempre supporre; e colla terra un saggio delle acque dolci, che irrigavano quelle tropicali foreste, ove formicolano così copiosi quei mammiferi primordiali, il più sublime ornamento delle terre giuresi, che, cominciando col *Microlestes* dell' infralias, giunse alla fine dell' epoca collo *Spalacotherium*, che direbbesi l'anello tra i *marsupiali* e i *mammiferi* a placenta (§ 758).

855. Un complesso di formazioni, che fece dire ai più celebri geologi non essere altro il *Giura* d'Europa che un arcipelago, affatto paragonabile agli arcipelaghi corallini dei mari equatoriali (§ 759), attesta troppo bene come fervessero ancora, sulle latitudini dell'Europa, i calori tropicali delle epoche precedenti. Ulteriori studî proveranno se ancora regnasse il torrido clima nelle regioni circumpolari, e se all' uniformità del clima corrispondesse l'universalizzazione della fauna, che trova pur già d'essere

sostenuta, con pochi ma pur valevoli argomenti, dalla fauna del pari che dalla flora dell' epoca. L' analogia su cui si basa principalmente la logica del naturalista, depone per la costanza del torrido clima, desumendola dalle condizioni dell' Europa. Chi dubiterebbe poi che il torrido clima non abbia continuato ad essere un clima universale, quando si trovano le regioni artiche ancora coperte di tropicali foreste sulla fine dell'epoca cretacea?

856. Quanto nell' epoche giuresi fosse esuberante la vita, lo dicano le collezioni paleontologiche, ove i fossili giuresi figurano così comuni. Se da mille e mille strati, che compongono intere catene in Europa, rigurgita la vita marina; dalle calcaree di Solenhofen va mano mano svolgendosi la vita terrestre del gran periodo dell' *Oolite* (§ 794): uccelli, rettili volanti, anfibi, pesci, crostacei, sciami d' insetti... Se tutti gli strati fossiliferi fossero nelle condizioni passate o presenti di quelle celebri pietre litografiche, che avrebbero le faune spente da invidiare a quella che ora domina la terra? Ma nessun calcare forse, deposto in condizioni così opportune alla conservazione dei fossili, è al presente oggetto di una industria così vasta, che dei fossili stessi promove la scoperta.

857. All' epoca del *Giura* succede l' epoca della *Creta*, rappresentata da terreni i quali sono sparsi, a grandi lembi, in quasi tutte le regioni del globo. L' osservare come la *Creta* occupi delle zone, in genere, più esterne ai grandi rilievi continentali che non lo sia il *Giura*, ci persuade che gli attuali rilievi continentali fossero in progresso. Del resto l'aspetto e la distribuzione generale delle regioni a noi note non differivano gran fatto da ciò che erano nell' epoca precedente.

I rilievi, per quanto più dilatati, non formavano ancora nulla più che un sistema insulare (§ 826), ove si può dire però che tutte, o quasi tutte, le attuali masse continentali fossero già, per poco o per molto, rappresentate.

858. Cominciando dal Nord-America, abbiamo veduto come i terreni cretacei vi occupano così vaste estensioni (§ 825), formandovi regioni così elevate e così internate nel continente, che è giocoforza conchiudere che esso continente non presentasse allora, come l' Europa, che un puro sistema insulare. Danno molto a riflettere in proposito le regioni più interne dei monti di Roccia, o precisamente i grandi rilievi che dividono i due grandi bacini idrografici del Mississipì e del Rio Colorado. Stando ai più recenti studi, sopra le ingenti masse granitiche che hanno così enorme sviluppo verso il Pacifico, si distendono a grandi altezze le formazioni paleozoiche, e specialmente la formazione dell' *antico grès rosso* (Devoniano). Sull' antico grès rosso giacciono immediatamente a volta a volta il

Giura, a volta a volta la *Creta*. Sulle enormi piattaforme del Rio Colorado e de' suoi confluenti mostrasi la *Creta* in immediata giacitura sopra i terreni paleozoici, portata all'altezza di 3000 a 7000 piedi. Un sistema riguardevole di rilievi rappresentava già adunque quella elevatissima contrada del globo, nelle epoche triasiche e giuresi; quei rilievi dovettero sommergersi, alcuni nell'epoca stessa del *Giura*, altri nell'epoca della *Creta*, perchè i terreni delle due epoche coprissero i paleozoici. Conchiudo che nell'epoca cretacea quasi tutto il Nord-America era sommerso, non rimanendo anch'essa rappresentata che da un sistema di isole, ricche di splendida flora, nella quale per la prima volta si contavano le palme (§ 825).

859. Quanto all'Europa, nessuno ignora che la *Creta* vi è così universalmente sviluppata, che ben poca parte rimane di quel continente, la cui emersione possa supporsi anteriore all'epoca cretacea. Tuttavia un rilievo, abbastanza considerevole, ossia una vasta isola, era formata certamente dall'Europa settentrionale. Di quel rilievo la Scandinavia rappresenta la parte più antica, e la Russia europea, fino alla catena degli Urali, la parte più moderna, emersa posteriormente all'epoca del Giura. Del resto dell'Europa (anche solo usando dell'artificio, abbastanza volgare, di sopprimere i terreni più recenti, per avere le terre delle epoche più antiche, sopprimendo quindi la *Creta* e i terreni posteriori dalla *Creta*) non vi resta che uno sciame di isole, sparse in un mediterraneo immenso, che riuniva in un solo gli sparsi bacini del Mare del Nord, del Baltico, del Mediterraneo, del Caspio, dell'Aral, del Mar Rosso, del Golfo Persico, rimanendovi sommerse l'Europa centrale e meridionale, non che l'Africa settentrionale e gran parte dell'Asia.

Dal fin qui detto risulta, che nulla ancora prometteva quello sviluppo de' continenti nordici, che forma la più rimarchevole caratteristica dell'orografia attuale. Le terre asciutte erano allora forse più scarse nell'emisfero boreale di quello nol siano attualmente nell'emisfero australe.

860. Se le scarse notizie raccolte bastassero a dar fondamento a ragionevoli conclusioni, oserei dire invece che assai più sviluppati erano, nell'epoca della *Creta*, i continenti equatoriali. La *Carta geologica della terra* di J. Marcou segna una magnifica zona cretacea, che, a guisa di nastro, delinea il perimetro del grosso dell'America meridionale, che si sviluppa a sud-est dell'istmo di Panama. Si direbbe che i fiotti dell'Oceano cretaceo venissero a frangersi contro i vasti lidi di quel continente, già quasi emerso in tutta la sua estensione, benchè al certo non in tutta la sua elevatezza. In identiche condizioni si trovavano l'Africa meridionale, e forse l'Australia, l'India o le regioni dell'Himalaya. Fatto sta che l'immenso sviluppo della creta pone lo sviluppo dei mari cretacei a nord di tutte le accennate regioni equatoriali.

861. Se abbiam voluto ora un po' di storia particolareggiata dell' *epoca della creta*, è ancora l'Europa che ce ne ha fornito i documenti.

Le *argille del Weald* e le *sabbie di Hasting*, i più antichi depositi della *Creta*, o, secondo altri, i più recenti del *Giura*, servono appunto di anello tra le due epoche. Si direbbe che in Inghilterra almeno, durassero le identiche condizioni a cui dobbiamo gli *strati di Purbeck*. Il *Weald*, come il *Purbeck*, sono formazioni d'estuario, che accusano le terre vicine, le quali continuarono ad essere ricetto di quella mostruosa famiglia di rettili giganteschi, ai quali si aggiungono ora gli sterminati *Iguanodon*.

Il *grès verde inferiore*, ossia il *Neocomiano*, che si depone dopo le argille del Weald, accenna assai meglio a quell'immenso mare cretaceo, che copriva quasi tutta l'Europa. Se ha caratteri littorali in Inghilterra, dove è rappresentato dal *Rag di Kent* (§ 815), presenta quelli di alto mare nel Giura e nelle Alpi, ove predominano i calcari.

862. Una grande evoluzione ebbe luogo certamente tra il *periodo neocomiano* e il *periodo del Gault*. Se i terreni neocomiani presentano una certa uniformità in Europa, compreso le regioni del Giura e delle Alpi; nessuna ne offrono i *terreni del Gault*, volendo riferire a quest'epoca i depositi caratterizzati dall'estrema abbondanza delle *Rudiste*. Sembra, p. es., doversi riferire a quest'epoca il cominciamento del rilievo del Giura, come lo accennerebbero i depositi estremamente fossiliferi, d'indole littorale, del *Gault*, che occupano le regioni del Rodano, sui confini occidentali della catena giurese. Così il rilievo di una grand'isola, che corrisponde precisamente al gruppo del Monte Bianco, separando come parziale bacino le regioni dell'Italia subalpina, acquistavano ai depositi nostri, dell'epoca del *Gault*, quella fisonomia parziale, che distingue, da tutti i depositi contemporanei, le arenarie di Brianza, e specialmente le puddinghe di Sirone. Forse quei depositi, d'indole decisamente fluvio-marina, rappresentano la porzione littorale di un mare aperto, dove si formavano quei depositi calcarei, veri banchi di Rudiste, che con sì identico aspetto si presentano nell'Illiria, nella Dalmazia, al Capo Gargano, in Sicilia.

Ma guai se volessimo porci sulle vie di tali analisi o di tali raffronti locali, ora che siamo sul chiudere in qualche modo la storia del globo!

863. Un'altra grande evoluzione fu quella certamente che converse quasi tutta l'Europa centrale e l'Asia, partendo dalle coste del Mar Nero fino alle regioni dei Kirghisi, in un libero oceano. Quelli che sostengono l'origine corallina della creta bianca, ci vedono un libero oceano sì, ma un oceano di coralli. Scorgono in seno a quel libero mare un immenso arcipelago corallino, ove legioni innumerevoli di zoofiti, di briozoi, di molluschi, d'ogni ordine di viventi, riuscì, nel giro di chi sa quanti secoli, a sten-

dere una massa di calcare bianco, pulverulento, che talora ha fin 180 metri di spessore, sopra una estensione di forse tre milioni di chilometri quadrati. Così il mare d'Europa presentava lo spettacolo dei mari delle Indie e del Pacifico; i suoi arcipelaghi erano quali son ora le Bermude, le Bahama, le Maldive, le Sandwich. Altri invece vedono nella *creta bianca* il lavoro degli infinitamente piccoli negli abissi di un oceano profondissimo (§ 819). Tutti sono d'accordo ad ogni modo in ciò, che la *creta bianca* rappresenta un libero oceano, ed è meraviglioso il vedere come le onde di quel libero oceano si incalzino sulle aree stesse che presentavano poc'anzi gli estuarî, o possiam dire le terre del *Purbeck* e del *Weald*. Il fatto riesce tanto più meraviglioso, quando si considera che un tale cambiamento sia avvenuto in epoca relativamente così recente; quando si considera, che, sulle aree stesse occupate da quell'oceano libero e forse profondo da 3000 a 4000 metri, vedremo ben presto, cioè nel periodo immediatamente seguente (periodo eocenico), sorgere e fissarsi i colossali rilievi degli attuali continenti, alla costituzione dei quali contribuiscono, per così gran parte, i depositi generati in quelle immani profondità.

Le arenarie di quest'epoca, sviluppatissime in Germania, le arenarie, le marne, i calcari marnosi a *Catilli* delle regioni subalpine e apennine sembrano rappresentare la parte littorale di quel grande oceano.

864. Le diverse evoluzioni delle terre e dei mari cretacei furono accompagnate da radicali trasformazioni delle faune, per cui nella *Creta* si conterebbero più epoche affatto distinte, se le diverse faune non presentassero, nel complesso dei tipi, quella che si può dire fisonomia cretacea. Si direbbe che una tale fisonomia della *Creta* risulti dalla associazione singolare di tratti, che in parte richiamano l'epoca che la precedette, in parte lasciano intravedere l'epoca ventura. Le *Nerinæa* tra gasteropodi ed i generi *Belemnites* e *Ammonites* tra i cefalopodi sono, per dir così, una larga eredità dell'epoca giurese. La natura però, prossima a veder spenta quella tribù degli ammonitidi, che per tre grandi epoche successive, per tutta l'êra mesozoica ebbe il dominio, e fu il bello ornamento dei mari, pare si affretti a tradurlo in tutte le possibili varietà, negli *Scaphites*, *Crioceras*, *Ancyloceras*, *Baculites*, *Ptycoceras*, *Hamites*, ecc. Anche i rettili rispondono ai tipi giuresi, e la loro abbondanza e varietà giustifica il titolo di *êra dei rettili*, sotto cui Dana comprende il trias, il giura e la creta.

I molluschi in genere, e specialmente gli echini irregolari, danno alla maggioranza della fauna un aspetto, che non diverge molto da quello della fauna vivente.

865. Il portentoso mare corallino, in cui, per dir così, si termina l'epoca cretacea, direbbe abbastanza come ancora si mantenesse il caldo clima,

nelle regioni temperate d'Europa. Tutta la fauna cretacea sta del resto per attestare il fatto. Tanto specie cosmopolite (§ 827) attestano l'uniformità del clima e l'universalità delle faune sopra una zona che comprendeva almeno l'Europa, il Nord-America, il Sud-America, l'Asia sud-ovest e l'India. Non mancava altro che una flora tropicale (§ 529-531) ci venisse ad assicurare che dal beneficio di tropicale caldura non erano allora escluse nemmeno le regioni più avanzate verso il polo.

866. Ma è forse l'ultima volta che noi possiamo asserire così universalmente questi splendidi fatti, i quali caratterizzano tutte le epoche più antiche dei periodi terziari. Una grande rivoluzione si sta preparando.... è una rivoluzione nordica.... quella, a cui devono quasi per intero la loro esistenza gli attuali continenti.

Riassumiamo. L'êra mesozoica è un'êra lunghissima, misurata dall'enorme spessore delle roccie deposto sul fondo di quegli antichi mari, con decisa prevalenza di detriti, salvo in alcune località, come nelle Alpi, dove prevalgono i calcari. L'estensione dei terreni mesozoici può dirsi abbracci le aree di tutti i continenti, salvo dove emergono (generalmente nelle regioni più centrali) i terreni paleozoici, o dove i terreni mesozoici sono ricoperti da terreni più recenti, come si avvera principalmente nelle regioni più esterne o perimetriche dei continenti.

867. Anche in quest'êra le evoluzioni della vita tennero dietro parallele alle evoluzioni del globo. Non ci domanderemo più quali fossero le condizioni del pianeta in un'êra remotissima, durante la quale comparvero numerosi rappresentanti di tutte le classi di animali. Ciò non poteva avverarsi, se non quando il globo si trovasse sostanzialmente nelle condizioni in cui si trova al presente. Non ci domanderemo nemmeno se la terra fosse divisa in mari e continenti. È vero che le nostre aree continentali si presentano ancora ricoperte dalle acque. A volta a volta effimere terre, quali sono affermate, p. es., dai mammiferi dell'oolite e dall'estuario del Weald. Ma sotto questo rapporto l'êra mesozoica, se si confronti principalmente col periodo carbonifero, è in perdita piuttosto che in guadagno.

Noi vediamo anzi, sulla fine dell'êra mesozoica, distendersi il profondo oceano della *creta bianca* sopra una vasta porzione dell'Europa e dell'Asia. Ma che importa? I continenti esistevano, emergenti dai mari colle loro moli imponenti. Lo attestano, come per l'êra paleozoica, gli immani ammassi di rocce detritiche, i quali non potevano formarsi, che mediante la rapina esercitata dai fiumi e dal mare sulle terre allora esistenti. Lo attestano del pari gl'innumerevoli testacei, e gli sconfinati banchi di corallo, che attendevano da quelle antiche terre i sali calcarei, per innalzare, in seno a quegli antichi mari, i loro edifici.

868. Il clima dell'êra mesozoica era ancora caldo, ancora uniforme. Lo affermano i coralli sviluppatissimi nelle regioni più temperate: lo affermano le conchiglie di generi ancora viventi, abitatori dei torridi mari: lo affermano i rettili, i quali trovano i loro analoghi nei coccodrilli, nei gaviali, negli iguani, infine nella innumerevole progenie dei grossi sauri, che abitano le calde regioni dell'Africa, dell'Asia e dell'America: sopratutto lo affermano le vergini foreste tropicali, che, verso la fine dell'ultima epoca, ombreggiavano le terre, da cui si spiccano ora le montagne di ghiaccio, che si pigiano o si insegaono per entro il gran letto della corrente, che riversa le acque gelate de' poli nella grande caldaja dell'equatore.

869. La scoperta di una flora cretacea artica, già ripetutamente segnalata (§ 529-531) è veramente d'un'importanza capitale nella questione dei climi. Essa flora cretacea, trovata in Groenlandia, verso il 71° di latitudine nord, si collocherebbe approssimativamente al livello del *Cénomanien*, equivalente del grés verde superiore (§ 511). Il *Cénomanien* costituisce la parte superiore della creta media: ma potrebbe anche considerarsi come la base, e forse come una parzialità, della creta superiore (§ 517). Un clima caldo, un clima almeno subtropicale, regnò adunque sino al termine dell'êra mesozoica sotto latitudini in cui le terre sono in oggi, sino al mare, avvolte in un mantello di eterni ghiacci. Si rifletta bene al fatto che un tal clima è attestato da una flora terrestre. Finchè trattavasi di faune marine, il fatto non era così concludente. Sappiamo che gli animali marini delle zone calde possono anche oggi oltrepassare d'assai i loro confini normali, e avanzarsi verso le zone temperate o fredde, secondate dai tepori delle marine correnti. Sappiamo che un libero mare, con una temperatura di 2°, 26' si distende attualmente sul polo. Basterebbe quindi aumentare di 13° la temperatura di quelle acque, perchè una fauna subtropicale vi si stabilisse, sempre nel supposto che una corrente calda vi affluisse direttamente dall'equatore.[1]

Molto meno ci vorrebbe, nello stesso supposto, per stabilire una fauna marina subtropicale sulle coste della Groenlandia. Il caso dunque di una fauna di zona calda in una località attualmente fredda si potrebbe spiegare (sempre quando si trattasse d'un caso parziale) senza supporre grandi rivoluzioni telluriche. Ben diversamente cammina la cosa, quando si tratti di una flora terrestre. Il decremento della temperatura superficiale del globo dall'equatore ai poli è di gran lunga più sensibile di quello della temperatura delle acque. Come è sensibile, così è anche universale, poichè

[1] Piglio per punto di partenza la linea isotermica 15° che coincide approssimativamente col tropico del cancro.

le linee isotermiche, principalmente sulle terre, non oscillano che entro limiti relativamente angusti. La temperatura media del polo è attualmente di — 19°, secondo Dove, e quella della Groenlandia, sotto la latitudine a cui appartiene la flora cretacea è di — 7°, 65'. [1] Per stabilirvi una temperatura subtropicale, sarebbe necessario che la media annuale si elevasse di 31° al polo e di 22° nella Groenlandia. Ciò non può supporsi se non a patto di alterare profondamente, nella sua universalità, la climatologia del globo. La temperatura subtropicale, di cui godeva la Groenlandia sulla fine dell'êra mesozoica, attesta dunque in quell'epoca condizioni telluriche ben diverse dalle attuali, e per conseguenza una generale rivoluzione del globo compiutasi posteriormente a quell'epoca.

Non bisogna credere però che anche la temperatura delle zone tropicali fosse in proporzione più alta dell'attuale. Elevando di 22° la temperatura delle regioni subtropicali, portandola cioè a 37°, si renderebbe impossibile la vita. Non parliamo delle zone equatoriali, ove avremmo una media di 45° a 50°. Il clima era dunque più caldo, relativamente al clima attuale delle zone temperate e fredde; ma, parlando in genere della temperatura esterna del globo, essa dovrà dirsi, nell'êra mesozoica, piuttosto che più calda, più uniforme. Lo prova del resto il fatto che la stessa flora si distendeva sotto le latitudini temperate della Germania, del sud-Inghilterra del pari che in Groenlandia sotto il 71° di latitudine. [2]

870. La vita, anche durante l'êra mesozoica, si mantiene in un parossismo costante. La deficienza di essa, che potrebbe farsi sospettare dalle condizioni dei terreni del trias, non è che apparente: è un fenomeno locale, che ha spiegazione nelle condizioni eccezionali dei bacini in cui si formavano quei depositi. Le varie e innumerevoli orme di rettili e di uccelli sugli strati i meno fossiliferi dell'America o dell'Europa, le splendide faune del muschelkalk in Germania, di S. Cassiano, di Hallstatt, di Raibl, d'Esino nelle Alpi, ci assicurano che le terre e i mari non erano meno animati nell'epoca del trias che nelle epoche le quali la precedettero o la seguirono. Noi rimarchiamo anzi nell'êra mesozoica un grande progresso nell'animalizzazione del globo. Gli invertebrati si accrescono di un numero stragrande di nuovi tipi: i pesci mantengono ancora il dominio dei mari, conquistato nell'epoca devoniana: i rettili ci hanno colpito col loro numero, colla meravigliosa varietà delle loro forme e colla enormità delle loro moli.

---

[1] Heer, *Flora fossilis arctica.*

[2] Aspettiamo i nuovi documenti in proposito che ci promette la scoperta, fatta nel 1870, di una flora della creta inferiore sulle coste settentrionali della penisola Noursoak, e di una flora della creta superiore sulle coste meridionali della stessa penisola. Questa scoperta è annunciata dalla prefazione del II° vol. della *Flora fossilis arctica* di Heer, or ora comparso alla luce.

L'êra mesozoica segna veramente, come disse il Dana, il loro *meridiano*. Ma ecco apparire stormi di uccelli, la cui entrata in scena, veramente spettacolosa, ci richiama la spettacolosa apparizione dei pesci nel mezzo dell'êra paleozoica. Agli uccelli si aggiungono i mammiferi. Ma si può dire che la loro êra non è sorta ancora, tanto ci appajono stenti, piccini e quasi abortivi. Il mondo mesozoico è perciò ancora in difetto, se si confronta col mondo attuale. Le terre sopratutto ci offrono uno spettacolo di desolazione, ancora spopolate di quegli animali che stampano, così varî, così numerosi, così potenti di mole, le loro orme tarde o veloci, profonde o leggere sulle terre attuali.

871. L'êra mesozoica ci presenta ancora del resto quello spettacolo di vita e di morte, che ci ha profondamente commossi nell'êra precedente. Quante faune appajono, altrettante si spengono. Animali e piante si rimutano, con vece incessante, d'epoca in epoca, di periodo in periodo. L'ultimo strato mesozoico è la pietra sepolcrale che ricopre tutte le generazioni, che videro la luce in quell'êra; non parliamo delle specie, chè forse nessuna di esse vide l'aurora dell'êra seguente. Se guardiamo ai generi, alle famiglie, siamo ancora meravigliati della potenza di quell'onda funesta, che disertò la terra di tanti tipi, così fiorenti in epoche che si possono dire, relativamente, a noi vicine. L'êra mesozoica non fu meno atroce dell'epoca paleozoica verso i vertebrati. Nessun genere vivente richiama i mammiferi o gli uccelli che vissero allora. Dei pesci rimasero tre generi soltanto, appartenenti ai placoidi plagiostomi: sono i generi *Notidianus*, *Oxyrhina*, *Squatina*. Dei rettili non rimasero che due generi di tartarughe triasiche, *Tryonix*, *Chelonia;* due giuresi, *Emys*, *Platemys;* e un sauro della creta, il genere *Crocodilus*, unico ricordo della mostruosa progenie, che ebbe allora, per così dire, il mondo per sè.

872. Abbiamo invece un buon numero di generi di invertebrati, ancora superstiti, molluschi per la maggior parte, e sono quelli che improntano alle faune mesozoiche qualche tratto abbastanza marcato della fisonomia della fauna attuale. Se i generi paleozoici superstiti sorpassano di poco la dozzina (§ 651); i generi mesozoici sorpassano il centinajo (125 circa). I generi paleozoici appartengono tutti alle classi dei molluschi: i mesozoici sono molluschi anch'essi pèr la maggior parte; ma ne vantano anche gli echinidi, i crinoidi, i coralli, i foraminiferi, gli amorfozoari. Ecco nel seguente specchio una distinta numerica approssimativa dei generi viventi, che comparvero per la prima volta nelle diverse epoche mesozoiche.[1]

---

[1] Questo specchio è composto in base ai *Tableaux* che accompagnano il *Cours élémentaire de géologie et paléontologie* di d'Orbigny. Le classificazioni di questo autore, troppo

	Terreni triasici	Terreni giuresi	Terreni cretacei
Cefalopodi.	0	3	0
Gasteropodi	6	9	19
Acefali.	6	13	13
Brachiopodi	0	2	2
Briozoi	0	7	12
Echinidi	0	8	5
Crinoidi	1	1	1
Polipi	2	5	9
Foraminiferi. . . .	0	8	15
Amorfozoarî. . . .	0	0	1
	15	56	77

Sono dunque 148 generi di molluschi, o d'altre classi inferiori, da aggiungersi ai 16 paleozoici, che l'êra attuale ha ereditato dalle antichissime êre. Lo specchio suosposto deve colpire, chi riflette, sotto molti rapporti.

873. Notiamo prima di tutto che, per quanto riflessibile sia il numero dei generi superstiti, infinitamente maggiore è quello dei generi che si sponsero nell' êra mesozoica, e dei generi nuovi apparsi posteriormente a quest'epoca. Anche per rapporto ai tipi generici il mondo attuale è un mondo nuovo. Dei mondi paleozoici e mesozoici non resta più di quanto è un'antenna dopo il naufragio di un bastimento, o di quanto è una casipola che avanzi di una splendida città sobbissata dal terremoto. La sproporzione tra i generi superstiti e i generi spenti, o nuovi, risalta ancor più, quando si consideri, che la gran maggioranza dei generi superstiti appartiene alla sola classe dei molluschi.

Benchè siano così numerosi i generi dei molluschi superstiti, è meritevole, in secondo luogo, di molta considerazione il fatto, ch'essi generi superstiti appartengono in massa agli ordini inferiori degli stessi molluschi; mentre l'ordine dei cefalopodi, che si può dire dominatore dei mari mesozoici, vanta una ben meschina rappresentanza nei mari attuali. Dove son ite tutte quelle *Belemnites?* Come scomparve quel mondo di *Ammonitidi*, che forma lo splendore delle nostre collezioni paleontologiche? Quando, al sorgere dell' êra cenozoica, per quanto l'occhio si distenda sulla immensità dei mari, non riesciremo a scoprire nè una belemnite, nè una ammonite; quando non vedremo più una sola specie di quei vaghi e poderosi cefalopodi concamerati, che percorrevano a banchi le acque meso-

---

sistematiche, non potrebbero servire di appoggio abbastanza sicuro quanto alle specialità pel riflesso specialmente che diversi generi, decisamente distinti, sono da lui riguardati come sinonimi. Trattandosi però di generalità, che sopportano un certo largo di vedute, il lavoro del d'Orbigny può ritenersi senza difficoltà sufficiente allo scopo.

zoiche, come attualmente le meduse e le salpe: allora ci permetteremo di domandare ai darwiniani se mai si fossero quegli animali, per la legge del continuo progresso, convertiti in scimmie o pipistrelli.

874. Questo perpetuo trasformarsi della superficie terrestre, questo incessante avvicendarsi, sulle stesse aree, di terre e di mari, di littorali e di grandi profondità, di mari chiusi e di mari aperti, mostrano, che la vita interna del globo non ci aveva punto rimesso della sua energia durante l'êra mesozoica. Abbiamo espressa l'idea che dati dall'êra mesozoica (più precisamente dagli ultimi periodi di essa) quel movimento ascensionale, che, continuato, con forza sempre crescente, durante le successive epoche, doveva risolversi nella definitiva creazione degli attuali rilievi continentali. Si intenda però la cosa in un senso molto limitato. Alcune regioni, ove si mostrano a nudo i terreni paleozoici, evidentemente non mai ricoperti da nessun strato d'epoca più recente, bisogna dire che fossero già emerse durante l'êra mesozoica. Ma l'immenso sviluppo dei terreni triasici nei diversi continenti, la creta stessa che si spinge nelle regioni più interne, e attinge attualmente le maggiori altezze, dicono abbastanza, che il sollevamento dei nostri continenti si deve considerare, nella sua vastità, come un fatto compintosi posteriormente all'êra mesozoica. Alcune isole erano, per dir così, gli embrioni delle terre nasciture. L'oceano rotolava ancora le sue onde, ove ora distendonsi le nostre pianure e sorgono le nostre montagne.

Dirò anzi che, prescindendo dagli scarsi luoghi ove ebbe principio il movimento ascensionale, l'esito delle tante oscillazioni, a cui furono in preda le nostre aree continentali, fu ancora, come nell'êra paleozoica, una depressione nelle aree stesse. Perchè a tante migliaja di metri di sedimenti paleozoici, si sovrapponessero tante altre migliaja di strati mesozoici, per la maggior parte detritici; era necessario, che i fondi marini, corrispondenti alle nostre aree continentali, si deprimessero in proporzione. Non è egli parlante in proposito il fatto che la *creta bianca*, depostasi sul tramonto dell'êra mesozoica, ci presenta così vasta porzione dell'antico continente coperto da un mare libero, forse da un oceano profondissimo? L'êra mesozoica fu dunque ancora un'êra di abbassamenti. L'êra dei sollevamenti verrà più tardi. Allo schiudersi dell'êra cenozoica noi ci troviamo ancora in un mondo tutto marino.

CAPITOLO XXIII.

EOCENE O NUMMULITICO.

EPOCA PRIMA DELL' ÈRA CENOZOICA.

875. L'èra cenozoica è ben lontana dal pareggiare nella durata le precedenti. Essa infatti, sotto il semplice rapporto della durata, potrebbe figurare come un periodo delle ère paleozoica o mesozoica. Insistendo tuttavia nel parallelo da noi già stabilito fra la storia e la geologia (§ 269), rifletteremo come la storia, nello stabilire le ère e i periodi storici, più che della durata, tenne conto di altri elementi, di quelli propriamente per cui un dato giro di anni o di secoli si distingue da un altro che lo precedette e gli tenne dietro. Un grande avvenimento, una grande rivoluzione nell'ordine politico, sociale, morale, la preponderanza di un uomo, di un principio, qualunque cosa abbia servito a improntare un'epoca, a dare un nuovo corso agli avvenimenti, un nuovo impulso alle idee, alle passioni, alle tendenze dell'umanità, ecco ciò che servì a stabilire le epoche, a inaugurare un nuovo periodo storico, a mettere un punto fermo al passato, per scrivere un nuovo periodo. E quel periodo dura, finchè dura il nuovo ordine di cose, finchè la preponderanza di quel nuovo elemento fisico, intellettuale o morale, non è vinta dalla preponderanza di un altro elemento. Così la *buona novella* chiuse l'èra antica inaugurando l'èra moderna. Così, se la prevalenza dell' elemento di Roma distinse nella prima èra un' epoca romana, la prevalenza dell'elemento barbarico fissò un medio evo nella seconda. Quanti periodi storici importantissimi che si chiudono nel giro di brevi anni, mentre altri, meno importanti, sorpassano i limiti di molti secoli! Chi mai alla meteora del primo Napoleone negherebbe il valore di una grand'epoca storica?

876. Il geologo segue il sistema dello storico. Una parziale rivoluzione della terra o de' suoi abitatori, una nuova fisonomia che essi presentino, un nuovo elemento che accresca l' impero della natura, ecco ciò che si richiede per inaugurare un'epoca nuova, la quale dura fin che non venga un'altra rivoluzione, finchè il mondo organico od inorganico non assuma

un'altra fisonomia, finchè non si verifichi un fatto, che scriva un punto fermo tra il passato del globo e il nuovo periodo che viene inaugurato.

877. Dopo tanto volgere di secoli, noi ci sentiamo assai vicini, relativamente parlando, all'epoca attuale. Abbiamo narrato, a misura di tempo, forse i sette ottavi della storia del globo, partendo dalla prima epoca della animalizzazione per giungere alla fine dell'epoca cretacea. Eppure la frazione che ci rimane a narrare ci appare divisa in tre êre. Ma l'imminente comparsa della creatura sovrana della terra mette, per dir così, in grande allarme la natura: la sua attività pare moltiplicarsi: essa sembra acquistare la potenza di più grandi creazioni: l'uomo non apparirà, se prima non sia rimutata tutta la superficie del globo e tutto in nuovo assetto per riceverlo. La natura comincerà questo grande lavoro finale colla trasformazione delle aree marine in aree continentali, colossale lavoro che caratterizza l'êra cenozoica. Passerà in seguito all'ordinamento dei nuovi edificî continentali, nella guisa più opportuna a servire all'uomo di abitazione, o in questo assetto sarà impiegata l'êra neozoica. Finalmente ecco l'uomo, la cui comparsa inaugura l'êra antropozoica, l'êra novissima, non per la terra soltanto, ma per tutto il creato.

878. Il nome di terreni terziarî è un avanzo dell'antica classazione di Werner (quando non se ne dia il merito ad Arduino, § 147), il quale, considerando come *primitivi* quei terreni che ora, esclusi dalla serie sedimentare o fossilifera, sono meglio indicati coi nomi di cristallini, di eruttivi, ecc., e come *secondarî* tutti i terreni fossiliferi, ora distribuiti in tanti diversi gruppi appartenenti alla *creta*, al *giura*, al *trias*, ai *paleozoici;* distinse come *terziarî* un gruppo di terreni, superiori ai secondarî, di cui colse così bene i caratteri, che esso gruppo si mantenne, salvo alcune modificazioni, così ben definito come quando fu da lui stabilito. L'epiteto di terziarî è dunque un termine affatto convenzionale; ma i terreni, a cui si attribuisce, formano un gruppo molto caratteristico, molto ben definito.

879. Come i terreni più antichi si legano ai cretacei per indefinite transizioni stratigrafiche e paleontologiche; così i cretacei sono vincolati ai terziarî da terreni, dove, se già dominano i caratteri terziarî, ancora se ne mostrano alcuni proprî dei terreni soggiacenti. Le sabbie di Thanet, gli strati della serie belga *Landéniennes* e *Heersiennes* (di Landen e di Heers), il calcare pisolitico di Francia, sono formazioni i cui fossili diedero argomento ai paleontologi di disputare, se tra le terziarie piuttosto che tra le cretacee dovessero classarsi. I più insigni però le ritengono terziarie. Ugualmente in Lombardia, il passaggio tra il nummulitico e gli strati cretacei non è finora così deciso come altrove. I fratelli Villa, tanto benemeriti della geologia lombarda, hanno già da lungo tempo annunciato la pro-

senza delle belemniti negli strati nummulitici, che appartengono al terziario inferiore. Io stesso raccolsi dagli strati nummulitici della Madonna del Bosco, presso Paderno sull'Adda, un buon esemplare di *Belemnitella* (§ 496). Il fatto è innegabile; ma è da osservarsi che nel terreno nummulitico di Lombardia sono sviluppatissime le brecciole e le puddinghe, e precisamente una puddinga conteneva la citata *Belemnitella*. Trattasi dunque di detriti formati a spese dei terreni preesistenti; nè è meraviglia quindi che fossili cretacei si trovino in un deposito terziario. È il caso che si verifica appuntino per le rudiste del Friuli. Superiormente alla *creta a rudiste* si scopre colà sviluppatissima una formazione d'indole detritica, anzi costituente talora una breccia, contenente talora dei pezzi enormi di calcare cretaceo. Quella formazione è così ricca di *ippuriti*, di *caprotine*, di *radioliti*, di *sferuliti*,[1] che non si dubitò da alcuni di ascriverla alla creta. Il professore Taramelli[2] ha molto ben dimostrato che quella formazione è un deposito terziario (eocene inferiore) ottenuto col rimpasto delle roccie cretacee sul principio dell'êra terziaria. Il sig. d'Archiac indica nel terreno nummulitico cinque specie come indubbiamente cretacee.[3]

880. Ad onta però dei rapporti, più o meno assicurati, che siansi localmente scoperti tra i terreni terziari e i cretacei, è un fatto che tra questi terreni e quelli esiste in genere in Europa una specie di *hiatus*. Petrograficamente o paleontologicamente v' ha sì brusco passaggio, specialmente tra la fauna degli uni e quella degli altri; le due epoche sono così distinte che direbbesi la creazione cretacea si fosse tutta improvvisamente distrutta e un mondo tutto nuovo sostituito all'antico. In pari tempo però, è un fatto che la creta in Europa presenta le tracce di enormi denudazioni alle quali potrebbe attribuirsi ragionevolmente la scomparsa di strati più recenti, i quali portavano in sè, per avventura, le tracce di un passaggio graduato da un'epoca all'altra.

I limiti angusti entro i quali si manifesta, o, meglio, fu studiata la *creta*, come rendono più probabile il supposto, riducendo le erosioni ad un accidente locale, così lasciano sperare che ulteriori scoperte valgano a riempire il vuoto apparente. Chi, per esempio, può asserire di conoscere il sistema cretaceo d'Italia, che differisce per tutti i versi dal sistema cretaceo di Francia?

881. Se diamo uno sguardo alla forma terziaria, ci accorgiamo ben tosto di quella specie di *hiatus* che divide, come accennammo, l'epoca della

[1] Vedi la nota al § 476.
[2] *Sulla formazione eocenica del Friuli*, Udine 1870.
[3] NAUMANN, *Lehrb.*, III, pag. 16.

creta dalla nuova che si schiude. Tutto, direbbesi, sente di nuovo. Quanto più di strano ci colpì nelle antiche faune paleozoiche e mesozoiche, confrontato colla fauna attuale, è letteralmente scomparso: nulla che ci ricordi, per esempio, quei Trilobiti, onore delle epoche paleozoiche, quei rettili che animarono le fantastiche scene dell'êra mesozoica, quegli Ammonitidi, che le arricchirono di quadri così geniali, e fin quelle Rudiste che resero così splendida e bizzarra l'ultima rappresentazione colla quale si chiuse l'antico teatro del mondo. Le faune terziarie, rappresentate a quest'ora da ben 7000 specie di animali, benchè ancora distinte, sono quasi un *fac-simile* della fauna attuale.

882. L'occhio del paleontologo rimarca facilmente quelle differenze specifiche che costituiscono, nel complesso, una fauna affatto distinta. Ma chi sia affatto straniero a tal genere di studî analitici, guardando ad una raccolta di conchiglie viventi, quindi ad una collezione di conchiglie terziarie, avrebbe pena, in genere parlando, ad accorgersi che, quanto alla forma, alcuna cosa siasi mutata. Ciò non avverrà certamente, se, da una raccolta di specie viventi giri lo sguardo, non dirò ad una collezione di fossili paleozoici, ma anche solo ad una raccolta di fossili cretacei. Conchiudo adunque che l'*habitus* recente della fauna costituisce una prima caratteristica del gruppo dei terreni terziarî.

Osservando i pesci, per esempio, troviamo che abbondano negli strati terziarî i *Cicloidi* e gli *Ctenoidi*, due ordini che presentano nell'epoca attuale un grande sviluppo. Tra i rettili contansi sette o otto specie di veri coccodrilli, ed oltre sessanta specie di tartarughe. Se passiamo poi agli invertebrati, si può dire che la fauna terziaria consta tutta di generi i quali contano delle specie viventi. L'asserzione corre quasi a rigore di termini se si parla de' molluschi.

883. Un fatto tutto nuovo caratterizza l'êra cenozoica: è cioè la prima volta che noi ci troviamo a fronte di specie viventi. Fra tanti milioni di spoglie organiche, onde sono impastati i sedimenti paleozoici o mesozoici, non una ci offre i caratteri di specie vivente. Dallo strato che chiude l'epoca cretacea, discendendo giù giù fino al cambriano, non troviamo che specie estinte. L'aurora dell'êra cenozoica invece è salutata da una bella schiera di conchiglie i cui discendenti segnano le orme serpeggianti sulle arene delle nostre piaggie. E quella schiera, poco numerosa da principio, si ingrossa in seguito, fino al punto che non sapresti così facilmente decidere se ci troviamo ancora nell'êra cenozoica, o non siamo piuttosto già entrâti nella antropozoica.

884. Fin dal 1833 Lyell e Deshayes confrontarono circa 3000 specie di conchiglie terziarie con circa 5000 viventi. Le viventi non figuravano tra

le fossili dei tre gruppi terziarî che per circa $^{11}/_{100}$ a $^{22}/_{100}$. Ma una tale rappresentanza, al certo ancora rispettabile, considerata nel complesso dei terreni terziarî, veniva sempre più indebolendosi, se la si considerava nei singoli gruppi, dal più recente al più antico. Nel *pliocene* le conchiglie viventi erano da 35 a 50 per 100; nel *miocene*, 17 per 100; nell'*eocene*, $3\ ^{1}/_{2}$ per 100. Ora che, secondo Dana, si conoscono circa 6000 specie di molluschi fossili in Europa e 3000 nel Nord-America, le specie viventi non lasciano di rappresentare una frazione minima in confronto colle fossili.

885. La communanza delle specie coll'êra attuale costituisce dunque una seconda grande caratteristica dell'êra cenozoica. Una terza grande caratteristica l'abbiamo nell'abbondanza, nello sviluppo, diciamo anzi nella apparizione dei mammiferi. L'êra mesozoica ci presentò, è vero, nell'infralias e nella oolite, un formicolio di piccoli marsupiali. Che avvenisse dei mammiferi nell'epoca cretacea, nol sappiamo: ma intanto i mammiferi perfetti, i mammiferi a placenta, ci compajono nell'êra cenozoica, e la loro apparizione è spettacolosa, come quella dei pesci nell'epoca devoniana, come quella dei rettili nell'êra mesozoica. Ecco i ruminanti, ecco i proboscidali a frotte sempre crescenti, quasi incalzati da una forza misteriosa che li spinge sul teatro del globo: ecco i rosicchianti, ecco le fiere, i pipistrelli, ecco finalmente, benchè tardi e scarsi, i quadrumani. Il seno dei mari intanto si sente commosso dall'alito possente di nuovi mostri, destinati a vivere nelle acque come i pesci, e a respirare l'aria come le bestie della terra: sono foche che empiono il mare di bizzarre carole; sono delfini, che fanno arco del dorso sullo specchio dell'onde e fiutano la tempesta; sono balene, davanti alle quali sembra schiudersi il mare e sollevarsi quasi percorso da un nembo di piccoli cicloni. Il regno animale si può dire dunque compito: completo lo spettacolo del creato. Manca solo alla terra un essere che lo contempli.

886. Un quarto fatto caratteristico dell'êra cenozoica, è assai meno importante dei precedenti, ma è pur meritevole di molta riflessione. Parlo della comparsa degli Ofidî, cioè dei serpenti. Quante orde di rettili i più vari, i più mostruosi, nelle epoche precedenti!... Non abbiamo già oltrepassato il meridiano dei rettili? Perchè dunque non vi scoprimmo un solo serpente? Perchè i serpenti ci appajono ancora così scarsi in un'epoca, in cui i mammiferi popolano ogni angolo della terra?...

887. Un quinto fatto importantissimo, ed eminentemente caratteristico della nuova êra, è il *facies* terrestre della fauna, che si va sostituendo al *facies* marino delle epoche precedenti. I paleontologi, che si occupano delle epoche terziarie, parlano a preferenza di tapiri e di rinoceronti, che

di conchiglie e di coralli, e sullo studio degli animali terrestri, piuttosto che dei marini, basano le loro conclusioni. Non si vuol dire con ciò che i fossili terrestri soverchino di numero i marini. Tutt'altro: le faune terziarie sono ancora in massa faune marine, e marini per conseguenza gli strati che le contengono. Ma intanto alle spoglie di animali marini si aggiungono reliquie d'animali d'acqua dolce in gran copia. Gli animali d'acqua dolce dicono fiumi, dicono laghi; e i laghi e i fiumi dicono terre. Se consideriamo poi la fauna assolutamente terrestre, benchè rappresenti una piccola minoranza a fronte della gran maggioranza marina dell'êra cenozoica, è maravigliosamente copiosa in confronto delle meschinissime faune terrestri, numerate nelle epoche precedenti. Nelle epoche precedenti erano cosa affatto eccezionale le forme organiche che testimoniavano l'esistenza delle terre: quelle terre o erano al di fuori delle aree, entro le quali si aggira il geologo, o erano terre effimere e scarse, delle quali ordinariamente il mare ripigliava il dominio. Ora non è così. Le faune terziarie additano terre vicine, terre comprese nelle aree aperte alle investigazioni del geologo, terre stabili, terre vastissime, terre che si sostituivano mano mano ai mari delle epoche precedenti, e di cui, come vedremo, il mare non doveva più oltre, fino ad oggi, impossessarsi. Eccoci p. es. gli *Ancylus* e gli *Unio*, che, sotto altre forme specifiche, si moltiplicano nei nostri laghi; eccoci le *Paludina* e i *Lymnaeus* dei nostri stagni, i *Cyclas* e i *Planorbis* dei nostri fossati. Vengono poi le *Clausilia*, le *Pupa*, sparse ora come grani di frumento sui nostri muriccioli, e le *Helix*, le lumache dei mari, delle piante, delle siepi, e i nudi *Limax*, i lumaconi striscianti sui piani umidi o ombrosi. Le miriadi d'insetti che ingombravano l'aria in quei tempi, e a sciami, a colonne, si alzavano dalla superficie degli stagni e riempivano quasi di un fitto polverio le radure delle foreste, traspajono ora dallo lucide ambre del Baltico e del Simeto, o giacciono distesi fra le pagine lignitiche della Germania, o fra gli strati marnosi del Vicentino. A mille a mille ci appajono le testuggini, che mutavano i lenti passi sul suolo pantanoso delle paludi; i cocodrilli, che guatavano minacciosi sulle rive dei fiumi; a mille a mille le lucertole, i serpenti, le rane, le salamandre, i tritoni. I falchi rapaci tracciavano già le larghe ruote, librati nell'aere silenzioso, mentre il terrore faceva tacere il canto dei tordi e dei fringuelli. Sui colli aprici già scorazzavano, seguiti da numerosa prole, i galli e le pernici: entro i canneti e sullo specchio tranquillo degli stagni già formicolavano le ardee, le foliche, le anitre, i pellicani.

888. Più dei numerati animali annunziano le terre i mammiferi, e, per così dire, le descrivono. La moltitudine degl'individui, la varietà delle specie, la diversità dei costumi proprî a ciascuna di esse, la stessa immensa mole, da molte di esse presentata, tutto in fine ci dice che le terre

cenozoiche erano ampie, elevate, accidentate come le nostre terre; che vi erano pianure sconfinate, valli profonde, montagne elevate, terre come le nostre. Quante meraviglie della animalizzazione di quelle antiche terre, rivelate da quegli ossari immensi, da qnelle necropoli degli antichi mondi, costituenti una decisa caratteristica dei terreni terziarî in confronto dei terreni delle epoche precedenti! Sappiamo da essi che già i Macachi si dondolavano sulle cime più ardite degli alberi, da' cui rami sdrucciolavano gli scojattoli, mentre ai piedi si rotolavano l'istrice e il porco spino. Sappiamo che lungo i fiumi edificavano le loro case i castori, mentre il tapiro guidava ad abbeverarsi la mandra de' suoi piccini, e la lontra vi si tuffava, guizzando più veloce dei pesci. Nel fitto dei boschi si celavano i cignali. Sugl'immensi piani pascevano le pecore, scorazzavano i cavalli, sfilavano gli eserciti di cervi e di antilopi, si davano battaglia i tori inconsci del giogo, e stampavano le orme pesanti, sicuri benchè indifesi, i mastodonti e i rinoceronti. I camelli e le giraffe già affondavano il piede nelle aduste sabbie dei deserti: dalle alture già calavano gli orsi, e dal fitto della macchia già misurava il suo salto feroce la tigre. Non parliamo di un mondo minuto di lepri, di topi, di talpe, di pipistrelli.[1]

Alle fauno rispondevano le splendide flore. Vergini foreste rivestivano le sponde dei fiumi, incastonavano l'azzurro dei laghi, e, dilatandosi sulle immense maremme, guadagnavano i lidi del mare. Le loro frondi trovansi ora disseccate entro gli strati come entro le pagine di un erbario, e i loro tronchi, accumulati in seno ai laghi, formavano le ligniti, che emulano colla loro potenza i grandi depositi dell'epoca carbonifera.

889. E quelle terre dov'erano? dov'erano quelle montagne, quei piani, quei laghi, quelle foreste? Ormai non abbiamo bisogno di cercar quelle terre fuori delle nostre terre: non abbiamo più bisogno di supporne, di dimostrarne l'esistenza, senza poter fissarne la ubicazione. Le terre terziarie noi le calchiamo: sono le nostre terre: quei continenti sono i nostri continenti. Allo spettacolo dei mari l'êra cenozoica fa succedere lo spettacolo delle terre. Non son più le terre effimere che apparvero e scomparvero sulle aree stesse delle nostre terre. I nostri continenti si fissano sulle solide basi su cui posano ancora. Per questo solo fatto quanto è diversa l'êra cenozoica dalle êre precedenti!

[1] Quasi tutti i generi indicati esistevano veramente nell'epoca terziaria. Alcuni soltanto dei qui nominati erano rappresentati da generi molto affini. Non trovo p. es. accennata una tigre (genere *Felis*) nei terreni terziari: ma prescindendo da qualche modificazione di poco rilievo, i *Macairodus* non erano infine che tigri più grosse e più formidabili delle tigri viventi. Così di molti mammiferi terziari, classificati come generi a sè, mentre potrebbero collocarsi fra generi che vivono attualmente.

890. Resta un sesto fatto, esso pure assai caratteristico dell'êra cenozoica. Abbiamo veduto come nelle epoche precedenti durasse, più o meno decisamente, un clima caldo e uniforme che popolava di coralli i mari più avanzati verso il polo. L'êra cenozoica invece ci presenta una graduale, ma profonda, modificazione del clima tellurico: e questo cambiamento segue precisamente, grado per grado, quella rivoluzione tellurica, per cui grado grado le terre si sostituiscono ai mari, e una fauna terrestre occupa i fondi asciutti, ove già cresceva così densa una fauna marina. Tutto annuncia durante l'êra cenozoica un raffreddamento graduale e progressivo. Forse coglieremo meglio nel segno dicendo che la terra, per rapporto al clima, andava gradatamente a trovarsi nelle condizioni in cui si trova attualmente. Il clima perde la sua uniformità: entro la grand'area occupata da un clima torrido o subtorrido vanno disegnandosi delle zone temperate o fredde. Tale trasformazione succede con tale rapidità che vedremo, al principio dell'êra seguente, coprirsi di ghiaccio i mari, ove lavoravano sicuri i coralli, e le terre poco prima ombreggiate di tropicali foreste.

891. Questa grande rivoluzione non fu certamente l'opera di un giorno. Come tutte le rivoluzioni telluriche, fu lenta, graduale, progressiva. La trasformazione delle aree marine in continentali, mentre si formavano sempre nuovi depositi d'ingente spessore e si sovrapponevano generazioni a generazioni, è un lavoro che caratterizza un'êra lunghissima, la quale potrebbe dirsi breve, in confronto della paleozoica e della mesozoica, ma pur sempre meravigliosamente lunga, e da misurare piuttosto per millenni che per secoli. Gli strati di Claiborne e di Wicksbourg hanno uno spessore di forse 1300 metri. Masse nummulitiche di enorme potenza formano catene, e si elevano nelle più alte regioni del globo. In epoca più recente si deposero quelle masse enormi di arenarie e di conglomerati, di cui constano alcuni colossi delle Alpi, p. es., il Rigi. Più tardi ancora si deposero le argille o le sabbie subapennine, che raggiungono forse talvolta lo spessore di 700 metri.

Ma non vogliamo spingerci troppo oltre, prevenendo ciò che verrà posto in chiaro dallo studio, almeno sommario, dei diversi membri costituenti la serie terziaria, che rappresenta l'êra cenozoica.

892. Per la classificazione dei terreni terziari è universalmente adottata quella stabilita da Lyell, il quale propose di dividerli in tre gruppi che si succedono, dal più antico al più moderno, così:

Eocene, che da ἠώς aurora, e καινός recente vorrebbe dire *il primo terreno dell'êra cenozoica* o *recente;*

Miocene, che da μεῖον meno, si tradurrebbe il *terreno meno recente* o *medio* dell'epoca suddetta.

Pliocene, che, da πλεῖον più, suona il *terreno più recente* dell' epoca stessa.

Noi conserviamo ancora questa classificazione, che lo altre più recentemente proposte hanno mostrato molto pratica, col fatto stesso che fondamentalmente la rispettano, anzi le si identificano.[1]

EOCENE.

893. Cominciando dalle formazioni più antiche, cioè dall'*eocene*, lo troviamo da Lyell diviso in eocene *inferiore*, *medio* e *superiore*. Si nota, per riguardo ai terreni terziarî, che essi, mano mano che si ascende dai più

---

[1] Va prevalendo l' idea di dividere i terreni terziari in due piuttosto che in tre gruppi, lasciando come gruppo affatto distinto l'*eocene*, e riunendo in uno il *miocene* e il *pliocene*. Vedremo i fatti che giustificano questo modo di vedere. Intanto però trovo, come dissi, che la classificazione di Lyell è fondamentalmente rispettata. Bronn divise i terreni terziari in *terziario inferiore*, che è l'eocene, e in *terziario superiore*, che comprende il miocene e il pliocene. Hörnes propone il seguente specchio di classificazione:

A. Eocene.

1.° Eocene antico. — Eocene di Parigi e di Londra.

2.° Eocene moderno. — Strati di Jeurre, Etampes, Lesbarits: sistemi *tongriano* e *rupeliano* del Belgio, di Westeregeln presso Magdeburg, Lattdorf, Helmstädt, Cassel, Kreuznach, ecc.

B. Neogene.

3.° Neogene antico (*miocene*). — Touraine, Bordeaux, Perpignan, molassa svizzera, Vienna, Torino, Polonia.

4.° Neogene moderno (*pliocene*). — Asti, Castel Arquato, Sicilia, Rodi, ecc.

Diversa più di nome che di fatto è la classificazione proposta da Beyrich.

A. Paleogene.

1.° Eocene (*eocene inferiore*).

2.° Oligocene (*eocene superiore*). — Comprende il grès di Fontainebleau, colle formazioni d'acqua dolce che gli giacciono inferiormente e superiormente.

B. Neogene.

3.° Miocene.

4.° Pliocene.

Più particolareggiata e meritevole di molta attenzione per la storia dell'èra cenozoica è la classificazione dei terreni terziari d' Europa, proposta da Carlo Mayer. Partendo dall'idea che i diversi depositi terziari siansi formati in seno a due mari distinti, un *mare del nord* e un *mare del sud*, stabilisce due serie parallele e contemporanee di zone terziarie; distingue cioè i depositi che si formarono contemporaneamente, nei diversi periodi, in detti due mari. Ecco lo specchio della classificazione di Mayer:

A. Terziario inferiore.

1.° *Piano soissoniano*. — A nord i depositi inglesi, inferiori alle argille di Londra, e gli strati a *Ostrea bellovacina* in Francia. A sud depositi poco noti.

2.° *Piano londoniano*. — A nord i depositi a *Nummulites planulata*. — A sud le sabbie corallifere di Biarritz, e in parte gli strati nummulitici dei dipartimenti dell' Aube e dell' alta Garonna.

3.° *Piano parigino*. — Calcare grossolano di Parigi a nord. — A sud la zona principale del nummulitico delle Alpi, della Crimea, ecc.

antichi ai più moderni, vanno sempre più frazionandosi, localizzandosi, assumendo in pari tempo caratteri diversi, secondo i diversi luoghi, finchè si riducono a lembi staccati, o formazioni affatto parziali, spesso a semplici depositi lacustri. Non è più dunque possibile di descriverli a grandi tratti, como abbiam fatto colle formazioni più antiche, le quali presentavano più o meno la stessa fisionomia e la stessa regolare successione nelle cinque parti del mondo.

Tale uniformità, cho caratterizza le formazioni mesozoiche, e ancor meglio le paleozoiche o le protozoiche, si può sostenere ancora, benchè in un senso assai largo, fino all'eocene. Più oltre è impossibile. La parzialità

4.° *Piano bartoniano.* — A nord le sabbie di Beauchamp e l' argilla di Barton. — A sud gli strati superiori nummulitiferi di Biarritz, Nizza. di Thun, ecc.

5.° *Piano liguriono.* — A nord gli strati d' acqua dolce a *Paleotherium, Anoplotherium*, le sabbie di Egeln, Biere o Ascherleben presso Magdeburg. — A sud il Flysch (marne a fucoidi dello Svizzera).

6.° *Piano tongriano.* — A nord le sabbie o grès di Fontainebleau, d' Etampes a di Weinheim. — A sud i calcari nummulitici di Annecy, Gap, Diablerets, Dent du Midi, Haring, Monto Bolca.

B. Terziario superiore.

7.° *Piano aquitaniano.* — A nord le formazioni superiori di acqua dolco di Parigi, Orleans, Alvergna. Gli strati di Sternberg, Osnabruck, Luithorst, Lemgo, Crefeld. Le marne a *Cyrene* a *Cerithium* di Magonza. — A sud le formazioni inferiori d'acqua dolce, la molassa e il *Nagelfluh* di Losanna, Vevey, Thun, del Rigi, e gli strati di Sagor, Radoboj a Sotzka, ecc.

8.° *Piano magonziano* o *langhiano.* — A nord le *faluns* di Touraine: il calcare a *Litorina* di Magonza, Wiesbaden, Oppenheim, e gli strati di Sancats. — A sud le formazioni di acqua dolce di Aix, Apte, Marsiglia; le molasse di acqua dolce di Berna, Thun; le sabbie di Grund, Loibersdorf, Potzleinsdorf presso Vienna.

9.° *Piano elveziano.* — A nord le arenarie dello Schleswig-Holstein, di Lubeck e Mecklenburg; ligniti del Basso Reno, del Westerwald, del Wetterau. — A sud la molassa marina di Montpellier, Martigues, Berna e Lucerna; il *Leithakalk* del bacino di Vienna.

10.° *Piano tortoniano.* — A nord le marne di Sylt e dello Schleswig-Holstein; la sabbie a ossami di Eppelsheim e Laubenheim. — A sud le marne azzurre a *Conus canaliculatus* e *Ancillaria glandiformis* di Baden, Vöslau, Möllersdorf presso Vienna; il *Tegel* di Lapugy o le marne solfifere di Radoboj.

11.° *Piano astiano.* — A nord il *Crag* di Suffolk e Norfolk; le marne azzurre di Dép, della Manica; il *Blättersandstein* di Laubenheim Wiesbaden. — A sud le marne azzurre di Frejus; le molasse superiori di acqua dolce della Svizzera e delle alture di Baviera; le sabbie di Asti e le argilla subapennine.

12.° *Piano sahariano.* — A nord il *Crag* di Norwich. — A sud le sabbie subapennine e altre recenti formazioni.

I piani 1-4 corrispondono all' *eocene inferiore:* all' *oligocene o eocene superiore* corrispondono i piani 5-7: al *miocene* i piani 8-10: il *pliocene* sarebbe rappresentato dal piano 11, essendo io d'avviso che il piano 12 appartenga all' *èra neozoica*, coma si vedrà. Per tutti i particolari di questa *nota*, vedasi Naumann, *Lehrbuch de Geognosie*, III. Più tardi l'autore propose della modificazioni a questa classazione, a introdusse tra il *tortoniano* e l' *astiano* un altro piano, che denominò *messiniano*. (C. Mayer, *Tableau synchronistique*, ecc. Zurich, 1868.)

e il localizzamento divengono due caratteristiche delle formazioni più recenti.

894. L'eocene, considerato appunto per ciò che presenta ancora di universale e di uniforme nelle diverse parti del globo, è indicato coll'appellativo di *nummulitico*, perchè caratterizzato dalla presenza e dalla prodigiosa abbondanza di quel genere di foraminiferi, esclusivo dell'eocene, il quale chiamossi *Nummulites*.[1]

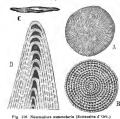



Fig. 118. Nummulites nummolaria (Soissonien d'Orb.)
A. Conchiglia vista all'esterno.
B. Sezione orizzontale.
C. Sezione verticale.
D. Metà della sezione verticale ingrandita.

Le *Nummulites*, come mostra la figura 118, sono conchiglie lenticulari, o discoidali. Devono a questa loro forma, che le fa assomigliare a monete, il loro nome dal latino *nummus*, che vuol dire moneta. Mi fu riferito dal viaggiatore Miani che gli Egizî le credono veramente monete degli antichi re. Soventi piccole e quasi microscopiche, raggiungono talvolta le dimensioni di un largo scudo (circa 6 centimetri di diametro). Alcune specie, gonfie, a spirale, distinto anche esteriormente, e apparentemonto divise, da concamerazioni radianti dal centro, si piglierebbero per piccoli *Nautilus*.

[1] Le *Nummulites* sono ritenute più propriamente come caratteristiche dell'*eocene medio*. Di 52 specie, descritte dal D'Archiac, non va ne sarebbe una sola, che non sia caratteristica dell' *eocene medio*. Osservo però che la distinsione dell'eocene in tre periodi, *inferiore, medio* e *superiore* fu suggerita specialmente dalle formazioni eoceniche, che occupano i due bacini terziari di Londra e Parigi, i quali, prescindendo da certe parzialità di ciascuno, ne formano un solo. Questo bacino riunito costituisce già una parzialità nel gran sistema dell' eocene. Nella sua universalità l'eocene costituisce ancora un sistema oceanico, mentre il bacino di Londra o Parigi presenta piuttosto un sistema parziale di littorali, di bassi fondi, di estuari, di maremme, di laghi. Nella sua universalità l'eocene presenta ancora una grande unità, e questa grande unità trova una eccellente espressione nel nome di *terreno nummulitico*, come risulta da ciò che diciamo nel testo sulla estensione di questa grande formazione, caratterizzata dalla presenza delle nummuliti.

Altre specie sono al contrario (fig. 118 A) lisce all'esterno, e come zigrinate. La sezione orizzontale (fig. 118 B.) mostra come quelle conchiglie siano composte, come i *Nautilus*, di una lamina calcarea, rotolata, a spirale strettissima, sullo stesso piano, e divisa da un numero infinito di concamerazioni. Terminano con una fessura transversale. Il tessuto particolare del guscio, la mancanza di un sifone, la forma dell'apertura, ecc. non permettono punto di sospettare che le nummulitico appartengano all'ordine dei cefalopodi concamerati, mentre si collocano con certezza, per tutto il complesso dei caratteri, nella classe dei rizopodi o foraminiferi. La sezione verticale (fig. 118 C) mostra in che modo si presentano sovente allo sguardo le nummuliti sulla superficie degli strati, principalmente quando siano rosi dall'azione atmosferica normalmente al loro piano. Se la specie ha le spire molto distinte, si potranno vedere anche ad occhio nudo le principali particolarità offerte dalla figura 118 D, che d'ordinario non si rivelano che alla lente.

Questi enti, che giaciono quasi sull'ultimo gradino della creazione animale, divengono d'un tratto sovrani dei mari. A vederli dilatarsi con foga crescente dall'uno all'altro emisfero, e moltiplicarsi in guisa, che i terreni detritici in gran parte e i calcaroi appartenenti all'eocene ne sono quasi interamente composti; a vederli preparare, con assiduo lavoro, nelle profondità dell'oceano quei monti e quelle catene che dovevano fra poco evare la fronte dalle acque, o spingerla fin nelle più alte regioni delle nubi; chi non riconoscerebbe nelle nummuliti una gran macchina tellurica, affatto nuova, messa in opera dal Creatore per affrettare il compimento della gran mole, che doveva essere fra poco abitata dall'uomo?

895. Il terreno nummulitico, ordinariamente sotto forma calcarea, è quasi in tutto il mondo sviluppatissimo. In Europa costituisce una parte considerevole del rilievo della Spagna, della Francia, dell'Italia, della Germania. Dalla Spagna e dal Marocco, fiancheggiando il Mediterraneo a destra e a sinistra, si spinge fin nell'Egitto, dove prestò i materiali delle piramidi, e dall'altra parte nella Crimea e nell'Asia minore. Invade la Russia meridionale; attraversa la Persia e si spinge, per Bagdad, fino alle foci dell'Indo, distendendosi sopra le Indie Orientali, da Bengala sino alla China, e dalla China al Giappone. Assume dovunque una grande importanza, nei Pirenei, nei Carpazi nell'Atlante, negli Apennini, di cui costituisce in gran parte l'ossatura, e nelle Alpi, sopra ambedue i versanti, da Pernant e Entrevernes in Savoja, fino ad Häring in Tirolo, e di là nel Steiermark, in Ungheria, ecc.

Il terreno nummulitico è ricchissimo di fossili. D'Archiac ne numera 1677 specie.

896. Benchè questo terreno si possa paragonare ai più antichi per la sua

estensione e uniformità, presenta tuttavia, come dissi, parzialità molto maggiori, e serie localizzate, ove l'eocene può suddividersi sotto molti orizzonti. Siccome tali serie parziali, tali forme localizzate dell'eocene, si presentano principalmente nelle regioni studiate d'Europa; se vogliamo discendere ai particolari, siamo costretti a dividere l'analisi secondo queste diverse località, e cominciamo dal doppio bacino di Parigi e di Londra, il quale può considerarsi come tipico, quanto alla suddivisione dell'eocene o nummulitico.

897. Regione veramente tipica sono anzi tutto i dintorni di Parigi, o ciò che si chiama, con vocabolo adatto topograficamente o geograficamente, *Bacino di Parigi*. La nettezza della serie stratigrafica, la inesauribile ricchezza di reliquie organiche, l'associazione di terreni d'ogni origine e d'ogni natura, e più di tutto le splendide illustrazioni di Cuvier, Brongniart, Deshayes e di moltri altri valenti, l'hanno reso meritamente famoso. Presenta dal basso all'alto la serie seguente:

EOCENE INFERIORE.

1. Sabbie di Thanet. — Trattasi di una formazione che piglia il nome dalla penisola di Thanet, dove è molto distinta e sviluppata, e costituisce la base dell'eocene in Inghilterra. Ci riserviamo dunque di accennare qualche particolare più tardi. Un lembo di tale formazione si scopre tuttavia anche nel nord della Francia, da Calais a Lille,[1] con uno spessore di 15 a 105 piedi.

2. Sabbie del Soissonese. — Questa formazione, costituente l'*étage soissonnien* di D'Orbigny, è sviluppatissima in Francia, dove comincia alquanto sulla sinistra della Senna, e, dilatandosi verso nord, va a riunirsi colla formazione avente gli stessi caratteri nel Belgio. Sono caratteristiche la *Nummulites scabra* o la *Nerita conoidea*, che accompagna il terreno nummulitico dall'Europa fino all'India. Si suddivide in quattro zone, succedentisi dal basso all'alto così:

a) *Sabbia e marne d'acqua dolce di Rilly.* — Sabbie gialle e bianche alla base; poi calcari con conchiglie terrestri e d'acqua dolce; finalmente argilla e ligniti. A Rilly-la-Montagne, presso Reims, questa formazione si estende sopra 115 chilometri fino a Guiscard dilatandosi da Sézanne a Compiègne. È caratterizzata specialmente da conchiglie di acqua dolce dei

[1] Naumann, *Lehrb.*, III, pag. 70. — Secondo Prestwich, citato da Naumann, le sabbie di Thanet potrebbero facilmente ritenersi come un equivalente marino della formazione d'acqua dolce (sabbie e marne di Rilly) costituenti la base delle *sabbie del Soissonese.*

generi *Cyclas*, *Physa*, *Paludina*, *Auricula*, *Valvata*, o da conchiglie terrestri di *Cyclostoma* ed *Helix*.

b) *Sabbia di Bracheux* o *glauconia inferiore*. — Sabbie marine dello spessoro di circa 35^{m}: superiormente ligniti. La base di questo deposito è distinta da conchiglie marine; la sommità da conchiglie d'acqua dolce. Bracheux, Compiègne, Soisson, Reims, Epernay, Châlon-sur-Vesle, Brimont, Laon, ecc.

c) *Argilla plastica*. — Alla base argilla plastica non fossilifera: superiormente ligniti, con marne e calcari d'acqua dolce. Le marne contengono l'*Ostrea bellovacina*. Abbiamo del resto una formazione d'estuario o di maremma, con conchiglie marine o d'acqua dolce, tartarughe, cocodrilli, un grosso uccello acquatico, e mammiferi dei generi *Anthracotherium* e *Lophiodon*

d) *Sabbie di Cuise-Lamotte*. — Sabbie marine dello spessoro di fin 45^{m}, celebri per l'abbondanza delle conchiglie marine, disteso dalle vicinanze di Compiègne fin presso a Reims. Sarebbe questa la prima, ossia la più profonda zona nummulitifera distinta dalla *Nummulites planulata*.

EOCENE MEDIO.

1. Calcare grossolano. — Si distinguo in quattro zone sovrapposte così:

a) *Calcare grossolano inferiore*. — Questa formazione è arenacea alla base e composta di calcare molle superiormente. È caratterizzata dalla estrema abbondanza delle nummuliti (*Nummulites lævigata*, *N. scabra*) di cui gli strati son quasi interamente composti. Lo spessore di questa formazione varia da alcuni decimetri (dintorni di Parigi) a 20^{m}.

b) *Calcare grossolano medio*. — Calcare giallo o giallíccio, talora arenaceo, dello spessore di 10^{m} a 20^{m}, talora composto interamente di fossili, specialmente di foraminiferi. Tra le numerosissime conchiglie, tutte marine, si distingue il *Cerithium giganteum* della lunghezza di 6 decimetri.

c) *Calcare grossolano superiore*. — Simile al precedente, dello spessore di 2^{m} a 7^{m}, meno ricco di specie fossili, ma straricco di individui. Nel calcare grossolano medio e superiore si raccolsero almeno 400 specie di fossili, tra i quali figurano 137 *Cerithium*.

d) *Marne* (Caillasses). — Inferiormente sabbie, calcari rossicci e marne; superiormente marne simili alla creta, argille o calcari con strati di selce. Spessoro 8^{m} e più. Miscela di conchiglie marine, d'acqua dolce e terrestri.

2. Grès di Beauchamp o sabbie medie. — Formazione strettamente marina, composta di sabbie bianche, alternanti con grès, dello spessore di 20^{m} a 50^{m}. Oltre 300 specie di conchiglie marine, e *Nummulites vario-*

laria d'Orb. Deshayes e Goubert dividono questa formazione in tre zone, che si succedono ascendendo, così:

a) *Zona inferiore.* — Formazione detritica a ciottoli calcarei, ricca di coralli. La *Nummulites variolaria* vi segna l'ultimo orizzonte delle nummuliti.

b) *Zona media.* — Sabbie marine conchifere.

c) *Zona superiore.* — Sabbia argillosa, calcare, ricca di quasi 300 specie di fossili marini.

Tutte le zone dell'eocene inferiore e medio, fin qui descritte, sono comprese nell'*eocene inferiore* da quelli che dividono l'eocene in due grandi gruppi soltanto. Rappresenterebbero anche la vera *formazione nummulitica*. Colla formazione, che passiamo a descrivere, comincia per loro l'*eocene superiore* od *oligocene*.

3. Gesso di Montmartre e calcare lacustre medio. — Questa celeberrima formazione è distesa sopra un triangolo, la cui base si stende da Reims a Louvier, sopra una linea di 56 leghe, mentre il vertice si spinge 36 leghe a sud, presso Château-Landon, occupando un'area di 1000 leghe quadrate. Parigi giace quasi nel mezzo del triangolo. Spessore di circa 90^m; dividesi in cinque zone dall'alto al basso, così:

a) *Marne e calcare di Sant'Ouen.* — Marne rosse e calcaree dello spessore di 15^m a 20^m. Formazione d'acqua dolce, con resti di *Palaeotherium* e *Anoplotherium*, e intercalamenti di calcare con conchiglie marine.

b) *Gesso e marne gessose.* — Formazione che si dilata da Châtheau-Thierry sopra Meaux e Parigi fino a Versailles e Longjumeau. Spessore da 5^m a 15^m. Il gesso prende grande sviluppo a Montmartre, ove, associato alle marne, supera i 20^m di spessore. È il campo ove si illustrò il genio di Cuvier. Questa formazione gessosa, prodotta evidentemente da precipitazione chimica, deve essere, com'è, scarsa o piuttosto priva di animali acquatici. Ricchissima è invece di animali terrestri, che vi venivano fluitati. Un vero ossario, ove si riconobbero ben 50 specie di mammiferi, di cui quasi quattro quinti appartengono ad un ordine di pachidermi, non rappresentato ora che da tre tapiri e dal demano del Capo; del resto un cane, uno scojattolo, un pipistrello, un marsupiale, 10 specie di uccelli, ecc., e i famosi *Palæotherium*, *Anoplotherium*, che stanno tra i pachidermi e i ruminanti.

Il *Palaeotherium magnum* (fig. 119) si accosta molto al tapiro, ed ha la grossezza di un cavallo. L'*Anoplotherium gracile* (fig. 120) ritrae meglio i ruminanti.

A Champigny e altrove, il gesso è sostituito dal travertino che ha fin lo spessore di 25^m.

c) *Calcare marnoso* e *marne verdi* — Formazione con conchiglie terrestri e d'acqua dolce. Ha 4^m di spessore a Champigny; 5^m alle Buttes de Chaumont. — Contiene *Limnaea*, *Planorbis*, *Cyclostoma*, ecc.

Fig. 119. *Palaeotherium magnum* Cuv.

d) *Calcare con silice e marne* (calcare di Brie). — Formazione d'acqua dolce, che raggiunge talora uno spessore di 30^m. — *Limnaea*, *Planorbis*.

e) *Pietra da macina* (meulière) e *argilla*. — Zona rappresentata dalla rinomatissima selce, o pietra da macine, di *Ferté-sous-Jouarre*, che si trova in concrezioni e banchi incompleti in mezzo all' argilla, spessore di 5^m.

Fig. 120. *Anoplotherium gracile*. Cuv.

4. Sabbie superiori. — D'Archiac divide questa formazione in tre zone che ascendono così:

a) *Marne marine*. — Marne argillose, che talora divengono arenacee, talora passano al calcare compatto. Ricchissime d'ostriche (*Ostrea longirostris*, ecc.).

b. *Sabbie quarzose*. — Sabbie bianche, sciolte, che talora passano al grès. Spèssore da 12^m a 70^m. Contengono molte specie di conchiglie marine.

c) *Grès di Fontainebleau*. — Grès talora puro e bianco, talora rossiccio e giallo. Non sembra che una parzialità della zona precedente, contenendo gli stessi fossili.

EOCENE SUPERIORE.

1. Calcare lacustre superiore, o calcare della Beauce. — Sviluppato alla Beauce, nell'Orleanese, forma l'altipiano tra Montargis, Orléans e Chartres, continuandosi, a quanto pare, col calcare d'acqua dolce dell' Alvergua. Raggiunge i 57^m di spessore, e si suddivide in tre zone.

a) *Calcare a limnaea.* — Calcare poroso, terroso, passante alla marna, dello spessore di 25^m, ricco di conchiglie d'acqua dolce (*Limnaea, Planorbis, Paludina*) miste a poche marine.

b) *Selce da macina* (*argile et meulière*). — Riproduce a un livello più alto la *pietra da macine*, già collocata nell'eocene medio.

c) *Calcare a Helix.* — Calcare chiaro, marnoso, talor pisolitico ed oolitico, ricchissimo di *Helix* (conchiglie terrestri) miste a conchiglie d'acqua dolce (*Planorbis*).

Questo gruppo dell'*eocene superiore* è già considerato come miocene dal d'Archiac.

898. L'eocene offre una bella serie di formazioni in Ingbilterra, principalmente nei diutorni di Londra e nel bacino di Hampshire. I diversi gradi di sommersione e i mille accidenti di una terra nascente si traducono, per l'eocene al di là della Manica, in altrettante specialità, le quali dovevano rendere difficile lo stabilire le parziali equivalenze colle formazioni eoceniche al di quà. Tuttavia gli studi di Prestwich e di Forbes hanno spinto avanti assai un tale lavoro, e noi possiamo stabilire un parallelismo tra le formazioni inglesi e francesi, e assicurarci che trattasi di un solo bacino anglo francese, ove si depose successivamente l'*eocene tipico* per zone, varianti fra loro unicamente in virtù di accidenti locali. Eccovi uno specchio sinottico delle formazioni eoceniche dei due paesi.

Francia	Inghilterra
1. Sabbie di Thanet.	Sabbie di Thanet.
2. Sabbie di Soissonese.	Serie di Woolwich e di Reading. Argilla di Londra e strati di Bognor.
3. Calcare grossolano.	Sabbie di Bagshot e di Bracklesham.
4. Sabbie medie.	Argille di Barthon.
5. Calcare lacustre medio.	Serie di Headon, letti di Osborne e di Bembridge (oligocene).
6. Sabbie superiori.	Letti di Hempstead.
7. Calcare lacustre superiore.	*Manca.*

EOCENE INFERIORE.

1. Sabbie di Thanet. — Coprono la creta tra Sandwich, Canterhury e Beculvers: passano sotto Londra, e si possono, meglio che altrove, studiare sulla penisola di Thanet. Spessore da 30 a 90 piedi. Sono sabbie quarzose, calcaree, talora con grani verdi, ossia con glauconite. Vi si raccolsero 36 specie di conchiglie marine, 9 delle quali passano fino all'*argilla* di Londra.

2. Serie di Woolwich e di Reading. — Sabbie e argille marine, con intercalamento di una formazione d'acqua dolce. L'argilla prevale nell'isola di Wight, e verso est fino presso a Londra. Più oltre a est, prevalgono le sabbie esclusivamente marine. Presso Londra si insinua fra le argille una formazione fluviale, con ligniti, equivalente dell'*argilla plastica* e *ligniti* del bacino di Parigi. Di 42 specie di conchiglie, scoperte in questa formazione, 19 si trovano nelle *sabbie di Bracheux* (§ 877). L'*Ostrea bellovacina* è, come in Francia, caratteristica della formazione.

3. Argilla di Londra e Strati di Bognor. — Argilla e marne con ferro e gesso. Spessore da 100 a 500 piedi. Tra le numerose conchiglie marine (224 specie) questa formazione conta 4 specie di *Nautilus*. Contiene, oltre molti crostacei,[1] 28 coralli, 83 specie di pesci, 21 rettili, tra i quali molte tartarughe, coccodrilli, serpenti,[2] un grosso uccello aquatico, e mammiferi dei generi *Lophiodon*, *Hyncotherium*, *Coryphodon*, ecc. Il *Tetrapterus priscus*, è un pesce-spada; il *Pristis bisulcatus*, è un pesce-sega; il *Coryphodon eocaenus* un grosso tapiro. È celebre poi l'isola di Sheppy per la ricchissima flora terrestre che supera il centinajo di specie. — Rappresentanti dell'*argilla* di Londra sono nell'Hampshire le sabbie calcaree e i calcari sabbiosi indicati col nome di Strati di Bognor.

I così detti *Strati di Kyson* sono costituiti da un'argilla, che si può considerare come la base dell'*argilla* di Londra. Questi strati hanno grande importanza per ciò che vi si scopersero i resti di un pipistrello e quelli di

---

[1] Bell (*A monograph. of the fossil malacostracous.* Paleontogr. soc. 1857) numero 19 specie di crostacei malacostracei (veri granchi) del London Clay.

[2] Dei rettili dell'*Argilla di Londra* abbiamo la splendida monografia di Owen e Bell (*Fossil reptilia of the London Clay*, Paleontogr. soc. 1849). Vi si numerano 22 tartarughe (11 marine e 16 fluviali e palustri], 4 coccodrilli, 1 alligatore, 6 serpenti. Oltre il *Palaeophis typhaeus*, che si rassomiglia al boa, lungo 6 metri, già celebre, come il primo serpente che comparisse sulla terra, si distinguono due altri *Palaeophis*, Il *P. toliapicus* era anch' esso grosso come il boa. Vedendo come da taluno citasi il *Palaeophis typhaeus* tra i fossili della zona seguente (*strati di Bagshot e di Bracklesham*] bisogna dire che altri dà al *London Clay* una estensione stratigrafica maggiore.

un *Macacus*. La determinazione di quest'ultimo è però ancora molto dubbia. Sarebbe altrimenti il più antico quadrumane che si conosca.

EOCENE MEDIO.

1. Sabbie inferiori di Bagshot e di Bracklesham. — Sabbie con associazione di argille, dello spessore complessivo fin di 660 piedi. — Sono il perfetto equivalente del *calcare grossolano* di Parigi: infatti, su 368 specie di conchiglie, 144 sono identiche a specie di esso *calcare grossolano*: notasi tra queste la *Nummulites variolaria*, e il famoso *Cerithium giganteum*. Vi abbondano denti di squali (*Carcharodon*, *Otodus*, *Lamia* ecc.), vi si incontrano un *pesce spada* (*Cœlorhynchus*) *razze* gigantesche (*Myliobates*).

La formazione è sviluppata al massimo nell'isola di Wight; contiene letti di ferro e argille con una flora terrestre (fichi, quercie, lauri, cassie) prossima a quella dell'*argilla di Londra*.

2. Argilla di Barton e sabbie superiori di Bagshot. — Argille dello spessore di 280 a 350 piedi, coperte o intercalate da sabbie, fino ad attingere uno spessore di 490 piedi. Di 252 specie di molluschi, 82 si trovano nel *calcare grossolano* del bacino di Parigi, e 77 nelle sabbie medie. Ultimo orizzonte delle Nummuliti in Inghilterra.

3. Serie di Headon, letti di Osborne e di Bembridge. — Gli strati di Headon-Hill (occidente dell'isola Wight) hanno una potenza complessiva di 133 a 175 piedi. Inferiormente da 40 a 70 piedi di sabbie, marne, argille, con conchiglie lacustri. Seguono degli strati a conchiglie marine, e talora d'acqua salmastra. Superiormente sabbie e argille sabbiose, talora calcare o ferro. Fossili come negli strati precedenti, specialmente d'acqua salmastra. La stessa serie s'incontra su quella parte dell'Hampshire che sta immediatamente in faccia all'isola Wight, e contiene molti resti di mammiferi: *Anthracotherium*, *Paloplotherium*, *Dichodon*, *Spalacodon*, *Hyaenodon*. Alla base della serie, nella stessa località, si scoprirono molte conchiglie marine, 43 delle quali appartengono all'*oligocene* di Germania.

Sulla *serie di Headon* seguono i *letti di Osborne* (argilla, marne, con intercalamenti arenacei e calcarei) dello spessoro di 80 metri: una vera formazione di acqua dolce, ricca di conchiglie.

Coronano questo gruppo i *calcari* che stanno alla base, e le *marne*, che stanno alla sommità della *serie di Bembridge*. Trattasi di una formazione dello spessore complessivo di 200 piedi, con tutt'i caratteri maremmani, assegnatile da una miscela di conchiglie d'acqua dolce e d'acqua salmastra, salvo un banco di ostriche che s'insinua tra i *calcari* e le *marne*. Il calcare presso Binstead si trovò ricco di mammiferi del gesso del bacino

di Parigi, di cui è quindi un perfetto equivalente: *Paleotherium magnum* (fig. 119), *P. medium*, *Anoplotherium commune*, ecc. *La serie di Headon*, compresevi le zone sovrapposte, è interessante per diverse specialità paleontologiche. Contiene, per es. l'*Helix labyrinthica*, lumaca terrestre, che vuolsi vivente agli Stati Uniti; i *Lepidosteus*, genere di pesci viventi nei fiumi d'America; l'*Hyaenodon*, che sarebbe il più antico dei mammiferi carnivori.

4. Letti di Hempstead. — Marne marine, distinte in zone, dello spessore complessivo di oltre 155 piedi. Formazione maremmana per eccellenza, cioè caratterizzata dall'associazione di conchiglie d'acqua dolce, salmastra e marina. Contiene anche una flora terrestre, che conta 10 specie, 6 delle quali sono identiche a specie del tongriano e dell'aquitaniano (oligocene) di Mayer. L'eocene superiore manca in Inghilterra.[1]

899. Secondo l'opinione dei geologi alle formazioni eoceniche superiori del bacino di Parigi, cioè alle sabbie superiori, e più immediatamente al calcare di Beauce, si legano le formazioni d'acqua dolce dell'Alvernia, o piuttosto della Limagna, o Francia centrale, che comprende i distretti dell'Auvergne, del Cantal e del Velay. La formazione in discorso comincia superiormente al confluente della Loira o dell'Allier, e si spinge, non interrotta, sino a Moulins, Vichy, Clermont, sopra una linea di 23 miglia. Altre simili formazioni scopronsi nella valle della Loira, da Digione a Montbrison, presso Aurillac nel Cantal, e presso il Puy nel Velay.

Si tratta di una vasta regione, la cui costituzione, affatto eccezionale, offri materia a brillanti studî geologici. La fauna mette fuor di dubbio l'epoca di quei depositi. Vasti laghi, disseminati entro una regione granitica, furono colmati da enormi depositi di sabbie e di conglomerati, che svelano a preferenza la forma dei delta lacustri. I travertini e i calcari oolitici mostrano come all'azione meccanica delle acque si associasse la chimica, intrattenuta dall'attività vulcanica, la quale si palesa più evidente in quella serie di vulcani spenti, famosi per la conservazione dei crateri, delle correnti di lava, ecc., che indicano un vero distretto vulcanico attivissimo, paragonabile ai Campi Flegrei. Dunque l'attività vulcanica, che nell'epoca attuale è in vigore alla estremità della penisola italica e nelle isole del Mediterraneo, che nell'epoca pliocenica ferveva nella Romagna; nell'epoca dell'eocene superiore vedevasi agire nell'interno del continente europeo. Così,

[1] Non si deve credere che in Inghilterra vi sia un intervallo tra l'eocene e il miocene. Trattandosi di un gruppo di formazioni così varie, a caratteri così parziali, con passaggi graduati da una zona all'altra, è impossibile stabilire l'equivalenza precisa tra i membri delle formazioni nei diversi paesi. È quindi assai più logico di attribuire l'apparente intervallo, piuttosto a difetto di cognizioni, che ad interruzione di sedimenti.

approssimativamente, nella stessa epoca ardevano i vnlcani del Vicentino, cioè di nn altro lembo continentale. Si intende ch'io parlo di regioni continentali, sempre in rapporto alla distribuzione attnale delle terre: potendo darsi benissimo, che, in epoche più remote, quelle regioni vulcaniche dell'eoceno fossero littorali o insnlari. Caveremo a suo tempo qualche conclusione da tali osservazioni.

In qnel bacino centrale della Francia nessun indizio mostra che il mare pigliasse parte a quella serie di trasformazioni, le quali si avvicendarono in quella contrada. Tutto pare si avvicendasse tra i vulcani e le acqne dei fiumi e dei laghi. La serie dei mammiferi fossili segna un passaggio dall'eocene superiore al miocene ed al pliocene. Nell'Alvernia si può studiare ancora un vasto lago steso tra le rupi granitiche, o, per dir vero, una vasta formazione lacustre di grès, conglomerati, marne, marne gassose, travertini spesso oolitici, ecc. Sono rimarchevoli gli *strati ad Indusie*, cioè delle masse potenti di tubi simili ai tubi legnosi fabbricati dalle larve delle Friganee, insetti lacustri che si rivestono di nna specie di bozzolo, costrutto di minnti fusti. Quelle masse d'*Indusie* sono poi incrostate nel travertino. Lyell consacra molte pagine agli interessantissimi particolari offerti da qnelle regioni vulcaniche-lacustri. Noi ce ne gioveremo più tardi, quando parleremo dei rapporti tra gli antichi vulcani e i terreni sedimentari, ecc.

900. La serie degli strati non vi è nè costante, nè decisa bastantemente. Può tnttavia ritenersi, in via approssimativa, la segnente:

1.° Un conglomerato a ciottoli di granito, gneiss, micaschisto, qnarzite, provenienti dalla degradazione delle roccie fondamentali del paese, forma ordinariamente la base delle formazioni eoceniche della Francia centrale. Talora al conglomerato si sostituisce un'arenaria, nna specie di *arkose*, risultante dalla decomposiziono del granito, cementata da selce o da carbonato di calce. Scarsissimi i fossili.

2.° Schisti marnosi verdi e bianchi, formano alture di 200 piedi presso Amillac, e hanno nno spessore di 700 piedi nel bacino di Limagna. Abbondano di crostacei d'acqna dolce del genere *Cypris*.

3.° Calcare concrezionare, alternante con marne e arenarie. Offre parecchie varietà come il celebre *calcare ad Indusie*, composto qnasi per intero dalle vagine di larve di friganee, fabbricate di piccole paludine, insieme cementate; nn calcare, simile alla creta, con semi di *Chara* e conchiglie d'acqna dolce. Qnesta formazione contiene *Unio*, *Planorbis*, *Helix*, *Limnaea*, tartarughe, cocodrilli, uccelli, *Anthracotherium*, *Palaeotherium*, ecc.

4.° Gesso dello spessore fio di 50 piedi, associato a calcare, e alternante con marne ricche d'insetti.

901. Partendo dalla formazione del calcare grossolano in avanti, i terreni terziarî sono regolarmente sviluppati nel bacino della Gironda, Garonna e Dordogna, sotto o sopra Bordeaux. Sopra un *calcare ad orbitoliti*, che si scopre sulla destra della Garonna, e venne riconosciuto come equivalente del *calcare grossolano* del Bacino di Parigi, si incontra dapprima a *molassa del Fronsadese* (dalle alture di Fronsac) una zona di marne o argille, e sabbie dello spessore di 100 metri. Predominano le sabbie con impronte di vegetali e legni silicizzati. Nelle argille scopronsi resti di *Palæotherium*, gaviali o tartarughe. Vi si scavano anche dei letti di limonite, e il tutto svela una formazione di acqua dolce. Segue immediatamente un *calcare d'acqua dolce*, spesso poroso e terroso, con intercalamento di selce cavernosa, talora di gesso e marne gessose, e presenta uno spessore di 10 a 70 metri, e contiene conchiglie di acqua dolce (*Limnaea, Planorbis*, paludine). I caratteri litologici e il livello stratigrafico assicurano al doppio deposito l'equivalenza col *calcare lacustre medio* del bacino di Parigi (§ 897).

902. Succede a questa prima formazione un *bacino d'ostriche*, irregolare e incostante. L'*Ostrea longirostris*, che lo compone, è la specie stessa che appare nelle *sabbie superiori* del bacino di Parigi (§ 897). Al *banco d'ostriche* incombe il *calcare ad asterie*, terroso e molle, dello spessore di 2 a 100 metri. Contiene ancora una nummulite, e, coll'*Ostrea longirostris*, un gran numero di conchiglie marine, e talor granchi, denti di squali, tartarughe. La fauna depone per l'equivalenza di questo calcare prettamente marino colle *sabbie superiori* del bacino di Parigi. La formazione equivalente alle sabbie superiori è chiusa dalla *molassa ossifera* di Léognan, Gradignan, Martignas e Saint-Ménard, la quale, alle conchiglie marine, unisce in abbondanza denti e ossami di pesci e di cetacei.

Equivalenti del *calcare lacustre superiore* del bacino di Parigi sono 1.° *calcare d'acqua dolce di Villadrant*; 2.° i *Faluns di Bazas*[1] o sabbie marine ricchissime di fossili, ritenute da Carlo Mayer come rappresentanti la zona marina più alta del suo *piano aquitaniano*, che comincia colla *molassa ossifera* e termina col calcare che passiamo a nominare: 3.° il *calcare d'acqua dolce di Larrieg*.

903. L'eoceno si scopre anche nelle parti più lontane del sud-ovest della Francia, nel bacino dell'Adour. Esso vi è rappresentato dai *faluns bianchi* o dai *faluns gialli*, da marne marine, con nummuliti, equivalenti dello

[1] *Falun* in francese, e *crag* in inglese sono nomi coi quali si indicano volgarmente le accumulazioni di conchiglie o le sabbie, molto ricche di esse, che si usano per la marnatura dei terreni.

sabbie superiori del bacino di Parigi, che sopportano un calcare egualmente nummulitico, ricco di coralli, quindi delle sabbie, finalmente delle marne ugualmente marine. I due ultimi depositi risponderebbero all'eocene superiore, ossia al *calcare lacustre superiore* del bacino di Parigi.

904. Il signor d'Archiac espone più sinteticamente come segue lo sviluppo dell'eocene nelle regioni meridionali della Francia.[1]

Nel mezzodì della Francia i terreni terziari occupano la vasta depressione, tra il Mediterrano o l'Oceano, che separa l'altipiano centrale dei Pirenei e parte del bacino inferiore del Rodano. Quella vasta depressione può dividersi in quattro regioni geologiche: due ad ovest od oceaniche, ossia i bacini dell'Adour e della Garonna; due ad est, o mediterranee, cioè la bassa Lingnadoca, tra i Pirenei o le Civenne, e i piani e gli altipiani della Provenza o del Delfinato.

Nel bacino dell'Adour appare il gruppo nummulitico, rappresentato da marne calcaree e grès marini; sabbie, calcari grossolani, molasse e calcari lacustri, lo rappresentano nel bacino della Garonna. La serie mediterranea è molto più completa. Nella Linguadoca, o piuttosto nei dipartimenti dell'Alta Garonna, dell'Ariège, dell'Aube, dei Pirenei orientali, dell'Hérault, del Gard fino alla destra del Rodano, l'eocene si può dividere in tre periodi. L'inferiore è rappresentato dal *gruppo d'Alet* (puddinghe, calcari e grès, generalmente d'acqua dolce) e corrisponderebbe alle *sabbie di Thanet*. Il medio è rappresentato da un *gruppo nummulitico* sviluppatissimo. Il superiore, da un *gruppo lacustre* di calcari, puddinghe, gesso, ecc., come nel bacino anglo-francese. Nella Provenza i depositi eocenici sono tutti lacustri. Inferiormente sabbie, argille, marne riferibili al suddetto gruppo d'Alet. Superiormente depositi d'acqua dolce, con gessi e ligniti. Questa serie presenta il massimo sviluppo nel bacino dell'Arc attorno alla città di Aix. Raggiunge l'enorme spessore di 2000 metri. Di nummulitico non vi ha traccia a sud della Durance. Nelle Alpi Marittime del Delfinato e della Savoja il nummulitico prende quel *facies* alpino che impareremo a conoscere, parlando dello sviluppo dell'eocene nelle Alpi della Svizzera e dell'Italia.

905. A nord est della Francia abbiamo un altro bacino terziario, quello del Belgio, che si lega, pel complesso de' caratteri, al bacino anglo-francese. Ecco la distinta dei diversi piani eocenici, stabiliti da Dumont, e riferiti ai loro equivalenti nel bacino anglo-francese.

A. Eocene.

1.° *Sistema landeniano inferiore.* — Corrisponde alle *sabbie di Tha-*

[1] *Géologie et Paléontologie*, Paris, 1866, pag. 646.

net del bacino anglo-francese. Sabbie glaconiche, marne e calcari con molte conchiglie marine. Il nome gli deriva dalla stazione di Landen.

2.° *Sistema landeniano superiore.* — Equivalente delle *sabbie inferiori* e dell'*argilla plastica* e *ligniti*. Sabbia, argilla e ligniti, dello spessore di 100 piedi. Probabilmente formazione di maremma o d'acqua dolce.

3.° *Sistema ypresiano inferiore.* — Equivale all'*argilla di Londra*, e piglia il nome dalla città di Ypres. Si assomiglia all'argilla di Londra, di cui pare una continuazione. Spessore di 100 metri.

4.° *Sistema ypresiano superiore.* — Equivalente delle *sabbie* di Bagshot. Argille, sabbie, calcari, della potenza di 100 piedi. Le *Nummulites planulata* e *laevigata* vi disegnano il primo orizzonte nummulitico.

5.° *Piano bruxelliano.* — Sta col *calcare grossolano* del bacino di Parigi. Sabbie e arenarie, talvolta calcari, dello spessore di 50 a 100 piedi, sviluppati specialmente presso Bruxelles, straricchi di testacei marini. Sopra 113 molluschi, Prestwich ne distingue 73 del *calcareo grossolano* e 46 delle *sabbie di Brachlesham.*

6.° *Sistema laekeniano.* — Sabbie presso Laeken, equivalenti delle *sabbie medie* e dell'*argilla di Barton*, dello spessore di 40 piedi, con *Nummulites variolaria*, e una quantità di fossili marini (almeno 160 specie). Abbondante mistura di specie del *calcare grossolano*, e più ancora di quelle delle *sabbie medie.*

B. Oligocene.

7.° *Piano tongriano inferiore.* — Equivalente del *calcare lacustre superiore* del bacino di Parigi, noto nei dintorni di Tongern. Consta di sabbie argillose, ha uno spessore di 20 piedi, ed è ricco di oltre 100 testacei marini.

8.° *Piano tongriano superiore.* — Equivale alle *sabbie superiori* del bacino di Parigi, e consta di marne e sabbie, dello spessore di 56 piedi. La fauna presenta una miscela di conchiglie marine, con conchiglie di acqua dolce.

9.° *Sistema rupeliano.* — Piglia il nome dal Rupel, confluente della Schelda. Formazione argillosa di 100 piedi, ricca di conchiglie marine e denti di squali. Riferita al *calcare lacustre superiore* del bacino di Parigi.

I piani 1-3 sono collocati da Lyell nell'*eocene inferiore;* nel *medio* i piani 4-6; nel *superiore* i piani 7-9.

906. Sortendo dal dominio delle basse terre comprese nel bacino anglo-francese, e distese verso le bassure del Belgio, ove i colli non raggiungono che qualche continajo di metri di altezza, e dove il sistema eocenico rappresenta più che altro una serie di bassi fondi, di estuarî e di maremme;

portandoci, dico, verso le regioni dei grandi rilievi d' Europa, anche l'orizzonte dell'eocene si allarga. Noi ammiriamo ancora quelle mosse grandiose che caratterizzano i terreni più antichi: troviamo ancora gli aperti littorali, o i liberi mari: ancora le faune che si distendono sopra linee immense, pur mantenendo una certa uniformità. Per legge di compensazione però non troveremo più quei particolari, quella distinzione di zone, che prestano così ricchi elementi per la storia dei parziali bacini. Noteremo intanto come fatto singolare questo, che le formazioni più elevate dell' êra cenozoica sono quelle che si formarono nelle maggiori profondità sottomarine.

907. L'eocene a *facies* prettamente marina è infatti sviluppatissimo nel gran rilievo delle Alpi e delle catene che ne dipendono: vi raggiunge al tempo stesso elevazioni molto considerevoli. Secondo Naumann la gran formazione eocenica alpina del Sud-Europa corre da ovest a est, attraverso la Baviera. Si distingue in due grandi formazioni: l' una inferiore, detta *Terreno nummulitico*; l' altra superiore, chiamata, con termine meno preciso, *Flysch*.[1] Cominciamo dalla Baviera.

Formazione nummulitica inferiore nelle Alpi di Baviera. — Consta di marne argillose, sovrapposte immediatamente alla *creta*, e sottoposte ad arenarie verdi con nummuliti che sopportano altre arenarie verdi, con calcari, e finalmente un *calcare nummulitifero* coperto da altri calcari. Sono celebri, per l' abbondanza dei fossili, gli strati nummulitici di Kressenberg, ricchi di 161 specie, fra coralli, echini, brachiopodi, acefali, gasteropodi, cefalopodi. Quelle specie furono determinate da Gümbel, e sono già note nei terreni terziarî inferiori d' altre località. Appartengono almeno per metà al *calcare grossolano* o alle *sabbie inferiori* del bacino di Parigi. Oltre la *Nummulites planulata*, così caratteristica, vi si contano altre 12 specie di *Nummulites*. Il nummulitico di Baviera è prettamente marino, e anzi tutto formazione calcarea. Come tale ha il *facies* generale del nummulitico, delle Alpi non solo, ma de' Pirenei, della Crimea, dell' Himalaya.

---

[1] Al *nummulitico* propriamente detto sovrasta, nelle regioni alpine e sobalpine, una potente formazione, scarsa o quasi priva di fossili, abbondante soltanto di Fucoidi (Chondrites), alghe marine a caratteri molto indecisi, e sparse abbondantemente anche in terreni inferiori all'eocene (per es. nel lias e nella creta di Lombardia), e talora, a quanto pare, anche in terreni più recenti, cioè nel miocene. I caratteri litologici sono anch'essi poco decisi, constando quella formazione di arenarie, marne, calcari, che si ripetono sotto diversi orizzonti. I geologi si trovarono dunque molto imbarazzati nel precisare l' orizzonte stratigrafico del *Flysch*, e pare abbiano compreso sotto questo nome terreni d'epoca diversa. Ciò serva di regola al lettore per quanto diremo, ritenendo in ogni caso che per *Flysch* si intende quel complesso di strati che nelle regioni alpine e sobalpine sta fra il nummolitico e i terreni riconosciuti come miocenici. Il *Flysch* corrisponderebbe in massa all'*oligocenico.*

Flysch. — Consta di arenario, di schisti, di marno, di calcari marnosi o silicei, ecc. Sul *Flysch* di Baviera fu segnalata un'altra formazione nummulitica, la quale converrebbe colle *sabbie medie* del Bacino di Parigi, ma i suoi rapporti sembrano molto incerti. La formazione del *Flysch,* che sovrasta certamente al *nummulitico*, fu invece ben definita da Gümbel, e rappresenta l'*oligocene*, cioè l'*eocene superiore* e i piani più elevati dell'eocene medio. Si suddivide in 5 formazioni, che si succedono, dal basso all'alto, così:

a) *Strati marini più antichi.* — Marne, arenario, conglomerati, ricchissimi di testacei marini. Su 54 specie, 39 sono dell'*oligocene* inferiore; 23 del superioro. Si conchiude alla equivalenza di questi strati colle *sabbie superiori* del bacino di Parigi.

b) *Molassa inferiore con filliti.* — Conglomerati, arenarie, marne e sabbie con foglie di *Quercus furcinervis* o altre.

c) *Schisti inferiori bituminiferi a Cyrena.* — Schisti ricchi di piante terrestri e di conchiglie marine.

d) *Molassa superiore variegata d'acqua dolce.* — Marne e arenarie varicolori, alternanti, contenenti scarse conchiglie terrestri o d'acqua dolce.

e) *Schisti superiori bituminiferi a Cyrena.* — Arenarie ricche di piante, marne, argille schistose, calcari con letti abbondanti di lignite. In questi strati contengonsi molte conchiglie marine o molte piante, cioè betule, cassie, cinnamomi, noci, querce, ecc. Vi si riconobbe l'*oligocenico superiore*, ossia il *piano aquitaniano* di Meyer. Non è improbabile che allo stesso piano siano da riferirsi tutte le zone *b*-e. Esso piano potrebbe già considerarsi come base del *miocene*, non foss'altro che per la flora, la quale certamente, nelle regioni alpine, ha molta affinità con quella degli strati miocenici, che le sovrastano.

908. La zona eocenica si prolunga immediatamente nella Svizzera. Il terreno nummulitico è infatti sviluppatissimo sull'uno o sull'altro versante delle Alpi principali, che si aggirano come a centro intorno al Monte Bianco. Per ciò che riguarda l'eocene dei versanti svizzeri e precisamente i grandi rilievi intorno al Monte Bianco, se ne occupò in modo specialissimo il signor Favre.[1] Egli pure divide l'eocene in due grandi piani, 1.° l'inferiore *nummulitico* propriamente detto: 2.° il superiore, o *macigno alpino*, che corrisponde al *Flysch*, inteso come abbiamo detto poc'anzi.

[1] *Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse.* Genève, 1867.

Nummulitico propriamente detto. — Si compone di calcari e schisti, talora con puddinghe e lignite; superiormente di gres. È svilnppatissimo nel gruppo delle Vergy e della Tournette, fra l'Arve e il lago di Annecy. Le nmmmuliti abbondano a Brezone, alla base delle Vergy. La stessa formazione si trova nella valle del Reposoir, ricca di nummuliti, nella catena della Pointe-percée, nella valle della Borne, al Col di Tcine, Thônes, M. Charvin, ecc. Ugnalmente sviluppata è nel gruppo delle Fitz, sulla destra dell'Arve, dove raggiunge forse i 175^{m} di spessore. La si vede affiorare a Sernant, nei desertl di Platet, presso Sales e il lago di Gers: la si trova nei grnppi degli Avondruz, della Dent dn Midl, del Crion, ecc. Fu constatata ancbe più a sud, cioè a Montricbet, nella Maurienne, ove fa parte di una zona che si stende dal fianco occidentale del Mont-Pelvoux fino al Col di Varbucbe. Appartiene alla formazione un banco di lignite, scavato in più luogbi della Savoja, e che si stende nella Svizzera fino alla Dent du Midì, al Diablerets, a nord del lago di Tbonn, ecc.[1] I gres nummnlitici sono invariabilmente associati al calcare, e, secondo Favre, gll sovrastano. Lo stesso antore offre una lista di qnasi 60 specie di fossili marini, rinvennti in qnella formazione. Sono gasteropodi e acefali per la maggior parte. Vi si distinguono però 11 specie di *Nummulites*, fra cui la *N. pianulata*.

Macigno alpino e gres di Taviglianaz. — Il macigno alpino, superiore e costantemente associato al calcare nummulitico, consta di enormi masse di calcare e di gres, prive di fossili, se si eccettuano le poco caratteristicbe fucoidi, e alcnne sqnamme di pesce. Al macigno alpino si associa il *gres di Taviglianaz*, cbe ripete il sno nome da una stalla sul monte dei Diablerets nel Cantone di Vaud. Trattasi di una formazione singolarissima, cioè di una specie di cenere o di tufo vulcanico, contenente cristalli, o piuttosto tritume di feldspato, amfibolo e pirosseno. Il signor Favre lo ritiene una derivazione delle roccie trappicbe, o piuttosto dei vulcani cocenicl del Vicentino. Il supposto è, quanto si può dire, ragionato. Il gres di Taviglianaz non sarebbe che un argomento di più della già altrimenti constatata non esistenza delle Alpi principali, nominatamente del grande grnppo del M. Bianco, nell'epoca eocenica.

Le carte geologicbe della Svizzera mostrano, del resto, l'eocene diviso in grandi gruppi, levati talora a grandi altezze, e snccedentisi in modo da costituire una larga zona, qnasi continua, cbe corre parallela al gruppo

[1] Il signor Favre fa osservare cha l'associazioue dai carbone al nummulitico è un fatto ordinario nelle regionl alpine. Le ligniti si troverebbero, per esempio, sotto al calcare nummulitico a Recoaro, nella Val d'Agno, a Monte Viale e Monte Bolca nal Vicentino e ad Albona in Istria.

del Monte Bianco lungo le Alpi da sud-ovest a nord-ovest. Solo bisognerà apprendere a ben distinguere il terreno nummulitico, così caratteristico nelle Alpi, dai depositi oligocenici, e da quelli che possono venir già compresi nel miocene.

909. Sugli opposti versanti l'eocene (il nummulitico nominatamente) si sviluppa ancor più, e corre, quasi non interrotto, tanto lungo le Alpi, quanto lungo l'Apennino.

Il terreno nummulitico è anzitutto sviluppato nell'Alta Lombardia, arrestandosi tuttavia ai primi contrafforti delle Prealpi. Il calcare, e le brecciole calcaree, formati in gran parte di un impasto di nummuliti, costituiscono la forma litologica più spiccata, e, stante la durezza delle roccie suddette, i principali affioramenti. Ai calcari e alle brecciole si associano puddinghe e marne. Percorrendo la prima serie di colline dal lago Maggiore al lago di Garda, si incontrano dapprima i calcari nummulitici, che circondano di colli i laghi di Monate e di Comabbio. Viene in seguito una lunga catena, che riunisce l'estremità dei due rami del lago di Como, e comprende le calcaree e le puddinghe nummulitifere del Montorfano comasco, le brecciole nummulitiche di Centemero e di tutta la Brianza, finalmente il Monte Robbio e le alture di Imbersago sulla destra dell'Adda. Le stesse roccie si trovano più tardi nelle alture fra Sarnico e Trescorre. Il calcare nummulitico finalmente si trova comporre le alture che fiancheggiano di verticali pareti il lago di Garda, partendo dal golfo di Salò fin presso a Desenzano. Più oltre troviamo sviluppatissimo il terreno nummulitico nel Veneto. Il terreno nummulitico del Vicentino è troppo celebre negli annali della geologia per l'immensa ricchezza delle reliquie organiche che egli racchiude, per la moltiplicità e varietà delle sue zone, e per la sua associazione ai terreni vulcanici, che fanno del Vicentino uno dei più celebri distretti vulcanici del globo.

910. Il signor Suess riconosce nell'eocene del Vicentino, dal basso all'alto, la seguente serie:

1.° Tufi di Spilecco, contenenti pesci in gran numero, con *Rhynchonella polymorpha*, *Bourguetocrinus*, ecc. Riposano immediatamente sulla *scaglia* cretacea; costituiscono quindi la base dell'eocene, e forse una zona intermedia fra la creta e i terreni terziari.

2.° Basalti, tufi, calcari, formanti un complesso di grande potenza. A questo gruppo, strettamente eocenico, appartengono i più celebri depositi fossiliferi, per esempio, i calcari ittiolitici e fitolitici del M. Bolca;[1]

---

[1] Dei pesci del Bolca abbiamo già parlato (§ 143). È mirabile la loro varietà e il loro stato di conservazione. Figurati per lo più come specie viventi da Serafino Volta, furono

i calcari ad alveoline di Noale, Malo, Monte Postaro; i calcari ricchi di echini, di Brusaferri, Valecco, Magrè; i tufi di San Giovanni Ilarione, Ciuppo, Castione; i tufi o brecciole basaltiche di Roncà, zeppi di conchiglie marine. I fossili dei tufi di San Giovanni Ilarione, ecc., furono determinati da Hebert, e riferiti al *calcare grossolano* del bacino di Parigi. Vi si scopre fra gli altri il celebre *Cerithium giganteum*. Coi tufi di Roncà si chiude la serie prettamente marina degli strati componenti il piano in discorso, anzi si passa con quei tufi da una regione marina a una plaga maremmana. Quei tufi basaltici alternano infatti con ligniti, cioè con torbe di antiche lagune, abitate da conchiglie d'acqua dolce *(Lymnaea)*, da tartarughe, da coccodrilli, e cinte da basse terre, adombrate da foreste di palme e popolate da conchiglie terrestri *(Helix, Cyclostoma)*. Allo stesso orizzonte appartiene la flora di Monte Vegrone e Roncà presso Bolca.

3.° Gruppo di Priabona, composto di calcari, associati ai basalti, con orbituline, *Serpula spirulæa*, *Cerithium giganteum*, quindi strettamente eocenico. Presenta il massimo sviluppo nei Colli Berici.

4.° Schisti e arenarie, ricchi di fossili marini, e d'una splendida flora terrestre, alla quale appartengono le palme con frondi, tronco e radici, dissepolte a Salcedo. Alcuni fossili, riferiti agli strati di Biarritz, deporrebbero in favore dell'epoca eocenica. Meglio rappresentano quel periodo di transizione tra l'eocene e il miocene, di cui ci formeremo nel capitolo seguente un concetto più chiaro. Il vero *miocene* comincia coi calcari e i tufi, costituenti il *gruppo di Castel-Gumberto*.

911. La flora di Roncà e Monte Vegrone, riferita al gruppo N. 2, è riputata da Hess a un livello molto superiore, cioè al *tongriano*, che qui corrisponderebbe al N. 4. Ma questa flora è certamente più antica della gran

---

poi figurati di nuovo o esattamente determinati da Agassiz nella sua opera *Sui pesci fossili*. Ai pesci si associa un numero considerevole di piante fossili. Secondo il Massalongo quei celebri strati ittiolitici si presentano nella serie stratigrafica così:

1.° Strati della creta.

2.° Tufi vulcanici con banco a terebratule e roccie basaltiche.

3.° Strati marnosi a pesci e piante fossili.

4.° Roccia con nummuliti.

5.° Tufi vulcanici e basalte.

Le piante raccolte sommano a 232 specie, e ve ne hanno di terrestri, di acqua dolce, di salmastra, e di marine. Indubbiamente gli strati eocenici del Bolca facevano parte di un arcipelago vulcanico, lo stesso che comprende i terreni eocenici del Vicentino. La flora però è decisamente più antica della flora vicentina, e in genere della gran flora eo-miocenica, che più tardi, come vedremo, ricopriva le terre dalle regioni polari fino alle più temperate d'Europa. La flora bolcense, decisamente eocenica, è una flora tropicale, paragonabile specialmente alla flora indo-australe, ricca di palme e di cocchi (Heer, *Recherches sur le climat et la végétation du pays tertiaire*).

flora eo-miocenica, che caratterizza più propriamente il tongriano e l'aquitaniano. Vi dominano infatti le palme, le quali indicano ancora quel clima tropicale, il quale caratterizza ancora l'epoca miocenica, mentre viene a subire nella miocenica un sensibile temperamento. Aggiungi che nella ricchissima flora vicentina, riferita ugualmente al tongriano da Heer, non si incontra più nessuna specie della flora bolcense, la quale era dunque già spenta. La flora di Nôale, Chiavon, Salcedo, di cui parliamo, è forse la più splendida flora fossile del mondo. È una meraviglia a vedere quelle palme raccolte dal conte Piovene nella sua villa presso Salcedo, affatto intere, con foglie, tronco e radici. Si contano 10 specie di palmizi, alcuni a foglie a ventaglio, altri con foglie pinnate, della lunghezza fin di 10 piedi. Quale migliore indizio di un clima tropicale? Alcuni tipi tuttavia dicono come il clima si avviasse già verso un raffreddamento. Sono betule, pioppi, faggi che avvicinano quella flora alla flora temperata del Mediterraneo. Heer nota tuttavia come in quella ricchissima flora facciano ancor difetto certi tipi, che pur erano già comparsi in quell'epoca nella Svizzera, dove per conseguenza il clima doveva essere già un pochino più freddo che in Italia. I tipi, a cui alludo, sono i nocciuoli, i carpani, e i salici. Del resto la flora vicentina, riguardata come *tongriana* da Heer, è ricca di 205 specie, oltre a molte indeterminate. Contiene, oltre i gruppi citati, funghi, alghe, cipressi, graminee, olmi, lauri, mirti, tigli, noci, mimose, ecc. Al Chiavon le piante terrestri sono associate a piante, pesci e conchiglie di mare. Sopra uno degli strati arenacei, ricchissimo di piante terrestri, nel letto del torrente osservai io stesso un conglomerato vulcanico, littorale, che poteva definirsi un banco di ostriche.

912. Proseguendo verso oriente troviamo che il terreno eocenico continua, ripigliando, oltre la regione dei vulcani vicentini, l'ordinario aspetto dell'eocene alpino. I recenti studî del prof. Taramelli[1] ce lo mostrano già bastantemente sviluppato, a partire dal confine occidentale della provincia di Udine fino alla destra del Tagliamento. Consta di marne rosse scagliose alla base, quindi di brecciole e calcari marnosi: superiormente di marne e arenarie a fucoidi. La serie è più distinta, e anche meglio studiata, sopra una zona non interrotta che si distende dal Tagliamento all'Isonzo. Volgendo lo sguardo dalla pianura friulana verso le Alpi, fra la prima serie delle basse colline, ossia delle morene, costituenti l'antico apparato glaciale del Tagliamento, e le alte montagne ignude che formano lo sfondo del paesaggio, si vede sorgere una catena non interrotta di colline tondeggianti. È una vera catena eocenica, costituente uno de-

[1] *Sulla formazione eocenica del Friuli*. Udine, 1869.

gli spicchi più rimarchevoli della formazione. Secondo il Taramelli la serie si succede dal basso all'alto così:

1.° *Marne rosse scagliose*, discordanti dalla creta sottoposta. Può darsi che avessero origine da vulcani di fango, dipendenti dai vulcani, che infuriavano a occidente.

2.° *Piasentine e piroschisti.* — Puddinghe a minuti elementi con nummuliti, alternanti con calcari e piroschisti.

3.° *Conglomerati.* — Sono composti di grossi elementi, talvolta di veri massi di calcare cretaceo zeppo di rudiste, e hanno di proprio piccole foraminifere. Le tre formazioni indicate rappresentano l'eocene inferiore.

4.° *Marne ad alveoline.*

5.° *Puddinghe quarzose nummulitifere*, con arenarie, calcari, marne e banchi madreporici. Queste puddinghe, e più ancora le roccie associate, sono ricche di fossili. Le specie oltrepassano il centinaio e sono quasi tutte determinate. Ai gasteropodi in maggioranza, si aggiunge una bella serie di echinidi e un'altra più copiosa di polipai. Sono specie in genere del *calcare grossolano* del bacino di Parigi, e degli strati vicentini di Roncà e S. Ilarione. La zona appartiene dunque all'eocene medio, che comprenderebbe anche le due zone seguenti:

6.° *Marne rosse, azzurre o giallognole.*

7.° *Brecciole organiche a Serpula spirulæa e Prenaster Alpinus.*

8.° *Marne e arenarie a fucoidi.* — Questa zona, a caratteri poco decisi e a confini indeterminati come sempre, si riferisce all' eocene superiore, o meglio ancora rappresenta in modo generico il *Flysch* delle Alpi.

918. Procedendo più ancora nella stessa direzione, troviamo l'eocene sviluppatissimo in Istria. A così breve distanza parebbe che la serie eocenica di questa regione dovrebbe convenire colla serie del Friuli, come conviene di fatto quanto alle roccie più caratteristiche. Studî più accurati potranno forse stabilire meglio la convenienza fra le due serie. Sappiamo che anche in Istria si distingue una zona inferiore di *calcari nummulitici*, e una zona superiore che ha i caratteri del *Flysch*.

Osservando le specialità, troviamo intanto che la base dell'eocene vi è costituita da una formazione di acqua dolce, cioè da argille, schisti argillosi, marne bituminose con conchiglie d'acqua dolce e di terra, e piante terrestri. La parte più bassa di questa prima zona presenta una lignite, scavata presso Albona. Gli strati, che riposano su questa formazione d'acqua dolce, sono prettamente marini, e rappresentano il vero nummulitico delle Alpi. Cominciano con un calcare, ricco di foraminiferi, di ostriche, di grossi *cerithium*, di banchi di corallo. Segue più sopra un *calcare ad alveoline*, al quale non mancano orbitoliti e nummuliti. La

formazione termina con una regolarissima zona di *calcare nummulitico*, composto talora quasi interamente di nummuliti, alle quali si associano alveoline, orbitoliti, coralli, echinidi, brachiopodi e ostriche. Il *Flysch* che incombe al *nummulitico* consta alla base di marne calcaree, di conglomerati e breccie calcaree, che alternano superiormente con arenarie e schisti marnosi, aventi i caratteri del *Flysch*, che si sviluppa poi tosto al di sopra, sotto la forma di arenarie e schisti marnosi. Questa formazione tuttavia contiene ancora molte nummuliti, con coralli, echinidi, acefali e gasteropodi. Lascia dubitare per tanto della sua equivalenza al vero *Flysch* delle Alpi.

914. Possiamo conchiudere da quanto fu esposto che l'eocene, sotto le due forme di *calcare nummulitico* e *Flysch*, forma una zona quasi continua al piede delle Alpi in Italia. La duplice formazione è meritevole di considerazione per la sua uniformità, la quale non presenta che alterazioni accidentali e affatto locali. Trattasi in genere di una enorme formazione marina, alla quale sono, localmente e limitatamente, subordinate formazioni vulcaniche e depositi d'acqua dolce. Questi ultimi mostrano però un certo sviluppo soltanto nelle regioni orientali, cioè nella Venezia e nell'Istria, ove, insieme alle ligniti e ai numerosi avanzi di piante terrestri, accusano terre vicine.

915. La catena che si stacca dalle Alpi, per formare la penisola italica, in luogo di sottrarsi al dominio dell'eocene alpino, pare cadervi sotto maggiormente, sicchè si può asserire che l'eocene alpino costituisce anche una gran parte, forse la massima, dell'ossatura degli Apennini.

Il fatto si verifica letteralmente per la massa principale dell'Apennino settentrionale e centrale, dove il terreno nummulitico corona le più alte vette, spingendosi assai verso la pianura padana, dove è ricoperto dalle più recenti formazioni. Secondo gli studi del Pareto, l'Apennino settentrionale offrirebbe una serie di zone che rappresentano per lui altrettanti piani sovrapposti come segue:

1.° *Piano nizzardo.* — È rappresentato dagli strati nummulitici che nella contea di Nizza riposano sopra terreni indubbiamente cretacei. Constano di calcari, di puddinghe e di arenarie dette *macigno*.[1] Questa prima formazione è molto sviluppata sui versanti mediterranei, mentre quasi si perde sui settentrionali, ove non conta che lembi staccati sui contrafforti

[1] *Macigno* è nome che i Toscani riservano al gres durissimo, che tanto è sviluppato nell'Apennino. L'impiego di questa e di altre parole volgari toscane, come nomi stratigrafici, ha creato un vero imbarazzo alla geologia, tanto più che le zone arenacee terziarie nelle Alpi e nell'Apennino sono prive o quasi prive di fossili appena caratteristici. Noi siamo costretti ad attribuire a quelle parole un semplice valore litologico.

della valle della Stura. Il nummulitico di Nizza fu con certezza posto da Carlo Mayer nel suo *piano bartoniano*, equivalente delle *argille di Barthon*, del *grès* di *Beauchamps*, ossia dello *sabbie medie* del bacino di Parigi. [1]

2.° *Piano ligure.* — Massa enorme di arenarie (macigno) con qualche alternanza di calcari e di schisti. Questa zona è poverissima di fossili. Forma quasi tutte le più alte cime dell'Apennino ligure e toscano, e raggiunge l'altezza di 2000 metri nelle montagne della Lunigiana.

3.° *Piano modenese.* — Comincia con banchi sottili di argilla schistosa e di calcari argillosi, e finisce con calcari compatti. Le fucoidi sono i soli fossili contenutivi. Questa formazione raggiunge essa pure una grande elevazione. Presso Genova, nelle montagne che separano la valle della Scrivia da quella della Trebbia, si spinge fino a 1700 metri sul livello del mare. Questa zona comprende le *argille scagliose*, prodotte da vulcani di fango, [2] che si scoprono ordinariamente sui versanti della valle del Po. Il *piano modenese* del Pareto corrisponde senza dubbio al Flysch, e conviene con quello cui il Mayer accenna come esistente a nord di Genova e rappresentante il Tongriano. [3]

4.° *Piano bormidiano.* — Consta in gran parte di conglomerati passanti all'arenaria. I conglomerati, nelle parti più fine o arenacee, contengono nummuliti con numero grande di conchiglie e polipai. Sui versanti meridionali i conglomerati compongono le montagne di Portofino: sui settentrionali costituiscono una zona quasi continua, che occupa il primo gradino, discendendo dalla catena centrale, e circonda i bacini del Tanaro, della Bormida, della Scrivia.

916. Il Pareto considera come miocenica questa zona superiore del nummulitico, comprendendovi le ligniti di Cadibona, e le altre formazioni lacustri riferite in fatti al miocene. Lo studio dei terreni terziari in tutta Europa, nominatamente delle Alpi, vieta un tal modo di vedere. Abbiamo veduto come dovunque le nummuliti caratterizzano le zone medie dell'eoceno e non raggiungono nemmeno le zone inferiori di questo terreno.

Questa formazione è del resto assai bene definita dal Mayer, e sarebbe ancora il *tongriano* (sabbie superiori del bacino di Parigi) sotto una forma litologicamente più somigliante alla formazione nummulitica superiore delle Alpi. Mayer distinse nel nummulitico della Bormida le tre zone, in cui, egli

[1] *Ueber Nummuliten-Gebilde Ober-Italiens.*
[2] L'origine delle *argille scagliose* verrà discussa nel terzo volume dell'opera.
[3] Mem. citata.

dice, il *tongriano* si divide quasi ovunque. Una zona inferiore, composta di conglomerati, con intercalamenti nummulitici, conchiglie e grossi coralli; una zona media di marne e molasse, zeppe talora di nummuliti e conchiglie; una zona superiore di calcare con *Pecten*, *Conoclypus*, e nullíporo. Questo l' osservai io pure molto sviluppato e ricco di fossili precisamente ai bagni di Acqui, lungo il torrente che versa nella Bormida. Lo stesso Mayer ci parla di una zona che tiene il mezzo del *tongriano* sopra Savona, e conviene affatto, litologicamente e paleontologicamente, col tongriano alpino. Sopra una massa poderosa di arenarie marnose, zeppe di *Natica crassatina* (caratteristica di tutto il Tongriano d' Europa) una serie di strati, che contengono, oltre le nummuliti, un buon numero di fossili caratteristici degli strati nummulitici dei *Diablerets*.

917. Il terreno eocenico si prolunga, come risulta già dai precedenti, dall'Apennino ligure nel toscano, conservando a un dipresso la stessa natura e la stessa potenza. Il nummulitico toscano fu fatto oggetto di speciali studî da parte dei signori P. Savi e G. Meneghini. [1]

Anche in Toscana la forma tipica del nummulitico alpino, cioè la calcarea, è ridotta a un piccolo numero di strati, ricchissimi per altro di organismi tipici. Abbondano invece le arenarie, le marne e gli schisti, descritti sotto i nomi volgari di galestri, macigni, ecc., i quali creano sempre delle incertezze circa il valore stratigrafico dei terreni. È certo a ogni modo, come si è già detto, che l' eocene costituisce la parte principale dell'Apennino toscano. Quanto alla distribuzione stratigrafica, dalle notizie raccolte parmi poter conchiudere che sulla zona cretacea, costituita, come in Lombardia, da arenarie o calcari marnosi con *catilli* (*Inoceramus*) riposino delle arenarie (macigno) associate a calcari nummulitiferi, costituenti il vero terreno nummulitico, ossia la formazione tipica dell' eocene. Al nummulitico si addossano altre arenarie che costituirebbero il *Flysch*, nel senso sopra definito. Le due formazioni riunite formano l' ossatura principale del vero Apennino toscano. [2] Il terreno nummulitico propriamente detto è ricco di fossili, studiati dal Meneghini. Sono denti di squalo, crinoidi, ma per lo più foraminiferi, dei generi *Orbitulites*, *Alveolina*, *Nummulites*. Di quest' ultimo genere si distinguono quattro specie. Le località più fossilifere sono Mosciano, Pontassieve, Selveno, Cousuma, Barga, Gas-

---

[1] *Considerazioni sulla geologia stratigrafica della Toscana*, in appendice alla *Memoria sulla struttura geologica delle Alpi, degli Apennini e dei Carpazi* di Murchison. Firenze 1851.

[2] Dico *vero Apennino* perchè non vi si comprendono le catene littorali del monte Pisano, delle Alpi apuane, ecc., che si distinguono affatto dall'Apennino geograficamente e geologicamente.

sino, Ripafratta, ecc. Continuando verso sud, il terreno nummulitico in luogo di scemarsi si sviluppa sempre più e ripiglia tutto l'aspetto del nummulitico alpino. Noi possiamo asserirlo, ad onta della deplorabile scarsezza di dati sulla geologia apenninica dell'Italia centrale o meridionale.

918. Dall'abbozzo di carta geologica d'Italia, già da lungo tempo pubblicato dal Collegno, e riprodotto poi, con maggiori o minori modificazioni, dal Balsamo Crivelli e dall'Omboni in diverse opere, sappiamo che i terreni terziari sono talmente continui e sviluppati nell'Apennino centrale e meridionale, che esso può veramente considerarsi come catena terziaria, vorremmo anzi dire come catena eocenica, se prendiamo di mira a preferenza i grandi rilievi, mentre i rilievi minori, laterali, o subapennini entrano, a preferenza, come vedremo, nei dominî del miocene e del pliocene. Prescindiamo dai rilievi esterni al vero Apennino, che debbono considerarsi come prolungamento del sistema alpino in Toscana, nell'isola d'Elba, in Calabria, in Sicilia; [1] prescindiamo dalle masse cretacee, giuresi e triasiche che anche sul vero Apennino centrale e meridionale, e ne' rilievi dipendenti da esso, presentano, per quanto poco conosciute, uno sviluppo considerevole, e ci resteranno ancor gli Apennini quasi intatti nella loro ossatura principale, costituiti da' terreni terziarî e principalmente dal nummulitico. Il nummulitico è sviluppato nei dintorni di Urbino, e consiste in marne con nummuliti, associate a calcaree, incassate tra le molasse mioceniche e la scaglia (creta). Ne ricevetti or ora dei saggi dal professore F. Mici. Indubbiamente nummulitiche credo le montagne della Repubblica di S. Marino, giudicandone dalle roccie e dai fossili che figuravano alla Esposizione di Firenze. Io mi accostai una sola volta ai contrafforti della Majella, dove osservai il monte dell'Oro, sopra Tocco (valle del Pescara), costituito dal calcare nummulitico a *facies* prettamente alpino, ma riportai la convinzione che le grandi masse calcaree, costituenti il rilievo principale dell'Apennino, che percorre la provincia di Teramo e gli Abruzzi, consta di calcare nummulitico.

919. Da queste provincie il terreno nummulitico, a *facies* alpino, si inoltra poi verso la Capitanata.

I lavori della ferrovia da Foggia a Napoli lo hanno mostrato ben sviluppato nella valle del Cervaro e dintorni. Pilla aveva già accennato alla esistenza del calcare nummulitico nei monti di Bovino. Capellini lo trovò in posto nelle cave di Montefalco e nei dintorni di Mazzancollo, e le roccie nummulitiche formano, secondo lui, una gran zona, che si estende non in-

[1] Capellini, *Cenni geologici* ecc., Bologna, 1869.

terrotta da Bonalbergo fino ai monti di S. Vito, Greci, Orsara, Monte acuto, sulla sinistra del Cervaro. [1] Sviluppatissimo deve essere anche nei rilievi orientali che percorrono il tallone della Penisola. Il calcare nummulitico compatto, tutto impastato di nummuliti, costituisce fondamentalmente le isole Tremiti, che dipendono così evidentemente dalla catena del Gargàno [2].... Quanta messe pei futuri geologi italiani!

920. Le località italiane, or ora indicate, sono forse le più meridionali pel nummulitico d'Italia e d'Europa. Può darsi che questo terreno si spinga più a mezzodì oltre la Capitanata; ma ad ogni modo i suoi confini devono trovarsi non molto lontani di là. Nelle regioni estreme d'Italia, in Calabria o in tutta la Sicilia, non credo segnalata alcuna formazione riferibile all'eocene. La sua assenza è anzi un fatto positivo per la Sicilia e per quella parte della Calabria che fiancheggia lo stretto di Messina, secondo le osservazioni così precise di Segnenza. [3] Vedremo infatti come in quelle regioni i terreni terziari più recenti (miocene e plioceno) riposino immediatamente sui terreni più antichi (gneiss, graniti, filladi), talvolta sulla *creta*, senza nessun intermezzo di eocene.

921. Quanto alle altre grandi isole italiane, sappiamo che il terreno eocenico è sviluppato nella metà orientale della Corsica e in varie località della Sardegna, dove il calcare nummulitico si mostra principalmente al monte Cardiga e in altri fra la pianura del Campidano e le coste orientali.

922. Per compire la rassegna delle regioni eoceniche dell'Europa Meridionale e occidentale non ci manca che di accennare la Spagna. Il terreno nummulitico è sviluppato sui due versanti dei Pirenei, formandovi, a quanto pare, due zone ben distinte, parallele alla grande catena. È nota specialmente sui versanti nord la località di Biarritz, ricca di fossili, riferiti all'eocene inferiore, cioè al nummulitico, che vi attinge 1100 metri di spessore, riposando immediatamente sulla creta.

I versanti settentrionali furono del resto già descritti, quando, sulla scorta del d'Archiac, abbiamo definito i diversi periodi eocenici nei Bassi Pirenei, nell'alta Garonna, nell'Ariège, ecc. (§ 904). Sui versanti meridionali, o spagnuoli, la formazione eocenica, secondo lo stesso d'Archiac, [4] segue le falde meridionali della catena, per una lunghezza di 500 chilometri, e sopra

---

[1] Capellini, *Cenni geologici* ecc. Bologna, 1869.

[2] Da una lettera del 4 marzo 1872, direttami dal dottor Cosimo De Giorgi, vengo a sapere che il calcare nummulitico si presenta benissimo nei monti di Ostumi (Terra d'Otranto), in concorso colle calcaree a rudiste della *creta*, che ne formano l'ossatura.

[3] *La formation zancléenne* (*Bull. Soc. géol. de France*, XXV, pag. 465).

[4] *Géologie et Paléontologie*, pag. 659.

una larghezza variabile da 50 a 120, da Girone a Vittoria, appoggiandosi a nord snlla creta, e perdendosi a sud sotto i depositi lacustri miocenici del bacino dell' Ebro. Il grnppo nummulitico è coperto da un grnppo lacustre potentissimo. Lo spessore complessivo è di 1800 metri. Il gruppo nummulitico si spinge a grandi altezze, trovandosi nell' alta valle della Muga, sulla frontiera della Francia, e formando, verso il mezzo dell' asse della catena, a un' altezza di 3351 metri, il Mont-Perdn. Una seconda zona nummulitica si stende da Barcellona a sud-ovest nella provincia di Castillon de la Plana. Interrotta nel regno di Valenza, ricompare nelle provincie d'Alicante e di Murcia, in isolotti cinti di depositi miocenici, e si mostra finalmente nelle provincie di Malaga e di Cadice, fino a Tarifa. Gli strati sono caratterizzati da 26 specie di nummuliti.

923. Le più antiche formazioni terziarie, che sono uno de' principali costitutivi dell' Europa meridionale e occidentale, sono qnasi esclusi o poveramente rappresentati in quasi tntto il resto del continente. Al di là della grande regione alpina, le immense depressioni che si distendono verso le rive del Baltico, e qnelle probabilmente che si dilatano verso i confini orientali d' Europa, sono regioni terziarie per eccellenza: ma l' eocene vi è quasi letteralmente mancante. L'asserto non ammette forse nessuna eccezione se parliamo del vero eocene, cioè del terreno nummulitico. Alla base delle recenti formazioni terziarie, aseritte in genere al miocene, che riempiono gli immensi bacini di Vienna, d' Ungheria, di Boemia, di Magonza, della Germania del nord, scopronsi delle formazioni che furono riferite ai livelli superiori dell' eocene, ossia ai più recenti depositi oligocenici.

Queste formazioni sono considerate da taluni come appartenenti al miocene inferiore; tuttavia, consentendo pure di considerarle come eoceniche, nessuno può sconoscere gli intimi rapporti che le legano al miocene, e nessnno si rifiuterà a riconoscervi una transizione fra i più antichi e più moderni terreni terziari. Queste formazioni d'altronde fignrano così necessariamente come parti d' un tutto essenzialmente miocenico, che sarebbe creare una inutile confusione nella mente del lettore, volendogli anticipare qui, ciò che dovremmo ripetergli nel capitolo seguente, ove saranno descritte le formazioni mioceniche dell' Europa centrale e orientale.

924. Ci accontenteremo quindi soltanto di accennare l'unica regione snlla sinistra dal Danubio dove trovo ancora indicato il nummnlitico. La Memoria di Murchison sulle Alpi, gli Apennini e i Carpazi, indica il nummulitico in quest' ultima catena. Lo spaccato del gruppo del monte Tatra mostra il nummulitico sollevato quasi alla verticale, e riposante sopra le

formazioni dell' *oolite*.[1] Il nummulitico mantiene nei Carpazî il *facies* alpino: consta cioè di calcaree in lotti potenti, associati a gres calcaroi. Il Murchison vi osservò nummuliti, pettini, ostriche, echini, per lo spessore di 100 piedi. Sopra il vero nummulitico riposa un *Flysch* composto fondamentalmente di aronarie. Il sistema nummulitico si distende a sud-est nella Transilvania e nel Siebenbürgen.

925. La formazione eocenica, partendo di là, verrebbe a porsi in corrispondenza con quella già descritta dell'Adriatico, attraverso la Bosnia, la Servia, l'Albania e la Dalmazia. Verso occidente si avanza per l'Epiro verso la Grecia, dove fu scoperta nel Peloponneso e nell'isola di Creta. La Crimea stabilisce una specie di nesso fra la formazione nummulitica d'Europa e quella dell'Asia, di cui diremo.

926. Sulla sponda opposta del Mediterraneo il terreno nummulitico, so meno studiato, non è certo, a quanto paro, meno costante. Alla zona, che si stende dalla Spagna alla Grecia, corrisponde una zona nummulitica che si continua dallo stretto di Gibilterra fino all' istmo di Suez. Secondo il D'Archiac, il nummulitico apparo sullo coste africane dell'Atlantico, per continuaro nel Marocco, nell'Algeria, nell' Egitto. Giudicandone dai saggi riportati dall' Egitto, dove occupa una grande estensione o costituisce l'ossatura doll'altipiano del Makattan, e il suo prolungamento sulla sponda occidentale della valle dol Nilo, cho accompagna il deserto libico,[2] il nummulitico presenta l'istessa forma calcarea cho nelle Alpi. Secondo Figari-Bey il terreno nummulitico diminuisce di spessore mano mano che si allontana dal parallelo di Cairo. Giunto sotto quello di Tebe, non offre gnari più di 5 a 6 metri di spessore, o si riduce a un solo metro sotto quello di Esne. Scomparo poi interamente sotto la latitudine di Edfû.

927. Continuando lungo la stessa sponda del Mediterraneo, troviamo il nummulitico che riposa sulla creta o sulle roccie più antiche.[3] Come l'Egitto, l'Asia minore è, da Strabone in poi, la torra classica delle nummuliti. Il nummulitico vi è superiormente accompagnato da depositi costanti di grès rossi e di argille con ammassi di gesso. I depositi eocenici sono sviluppati particolarmente al nord, nella Bitinia, nella Paflagonia, nella Galazia e nel Ponto: a sud nella Pisidia, Licia, Cilicia e Cappadocia. L'esistenza dol nummulitico fu constatata nol Tauro moridionale, nell' alta Siria e nel Libano. Dicasi lo stesso dei rilievi montagnosi del-

[1] La *creta* non manca in quella catena; ma, essendo la seria sturbatissima, saranno forse necessari studi più accorati, per fissare i veri rapporti del nummulitico.

[2] Figari-Bey, *Studi scientifici sull' Egitto*. Lucca, 1864, pag. 185.

[3] Le notizie sullo sviluppo del nummulitico nell'Asia occidentala a meridionala, sono preso, quasi alla lettera, dall'opera del d'Archiac, *Géologie et Paléontologie*, pag. 670 a 677.

l'Armenia, a nord fin nell'alto bacino d'Akhaltzikhe; a sud nei dintorni di Maden, di Arganah-maden, di Kharput, di Jezirah, e in una parte del Kurdistan. Vi si osservano dovunque le *Nummulites Ramondi, intermedia, levigata, spira, perforata*, così comuni nell'ovest d'Europa. Le prime tre specie furono pure raccolte nella montagna di Khialanek. Al di là dell'asse centrale dell'Elhourz altri calcari nummulitici occupano i versanti della catena che fiancheggiano il mar Caspio. Essi calcari formano una parte essenziale delle montagne di Zagros e di Louristan, che si prolungano a sud-est, fra la Persia e il bacino dell'Eufrate fino a Chiraz a nord del golfo Persico, e si legano alle zone contemporanee situate al di là, sulla costa di Mascate, quindi nell'isola Masira, sul litterale dell'Arabia, a Marbate, ecc.

928. Nell'Asia meridionale il terreno eocenico è pure sviluppatissimo. Il terreno nummulitico fu osservato nell'India, da ovest a est, sopra un'estensione da 25 a 26 gradi, a partire dal Beluchistan fino al Bengala orientale, e su 15 gradi da sud a nord, dalla foce della Nerbuddah fino alle montagne che circondano l'alta valle del Cachemire. Vi appare però in regioni distinte e con diversi caratteri litologici e paleontologici, ed è indipendente dalle roccie cretacee, che si mostrano in India in luoghi molto lontani, mentre dovunque il *substrato* del terreno nummulitico si compone, come il gruppo eocenico inferiore dell'ovest, di gres, di argille e di letti carboniosi, riposanti su terreni giuresi o d'epoca più antica. I signori d'Archiac e J. Haime [1] hanno riconosciuto nel terreno nummulitico dell'India 415 specie di fossili, contando dai rizopodi fino ai rettili. Essi appartengono al Belutchistan, al Siud, alla provincia di Cutch e alle colline che circondano il corso inferiore della Nerbuddah, al Pendjab, alla provincia di Simla, ai contorni di Subathoo, alla provincia del Silhet, e al Bengala orientale. Nummuliti e alveoline si raccolsero nelle montagne del Cachemire; e tra Zanskar e la valle superiore dell'Indo gli stessi fossili furono scoperti a un'altezza superiore a quella del monte Bianco. Tra i fossili nummulitici dell'India si contano diverse specie del nummulitico d'Arabia, dell'Asia occidentale e dell'Egitto. Sessantanove specie trovano i loro corrispondenti nell'eocene d'Europa. Si contano fra queste 17 rizopodi, e 11 polipai.

È noto che lo sconfinato orizzonte del terreno nummulitico si stende ancora più lontano nel Giappone, nelle Filippine e nell'isola di Borneo.

Quanto ai depositi lacustri si ritengono eocenici quelli che occupano

---

[1] *Description des animaux fossiles du groupe nummulitique de l'Inde*, Paris 1853.

grandi superficie dell'India centrale, a mezzodì della Nersuddah, e quelli tra Godavery e il Tapty.

929. Percorso l'Europa, l'Africa e l'Asia da occidente a oriente, troviamo di esserci lasciati guidare da una zona eocenica pressochè continua, che congiunge quasi l'antico al nuovo continente. Ci rimarrebbe a vedere se questa formazione, così poderosa e multiforme, continua anche in America. Essa vi continua in fatti; ma i terreni terziarî d'America, poco studiati del resto, formano quasi un gruppo a sè, che i limiti della scienza mantengono ancora in difficili rapporti cogli equivalenti d'Europa. Ci riserviamo quindi di farne cenno, quando avremo percorsa tutta la serie dei terreni terziarî del continente antico.

CAPITOLO XXIV.

MIOCENE

EPOCA SECONDA DELL'ÈRA CENOZOICA.

930. Se vi hanno due epoche ancora indistinte e fuse nei loro confini, sono queste l'eocenica, o la miocenica, attenendoci a quanto si espone dai geologi. Io credo che la scomparsa delle nummuliti dovrebbe segnare il termine dell'epoca eocenica. Già, come abbiam detto, i geologi sentirono il bisogno di distinguere coll'appellativo di *oligocenici* quegli strati che sovrastano alla formazione nummulitica. Troviamo inoltre che altri geologi comprendono già nel miocene le formazioni superiori dell'oligocene. Più di tutto vale il fatto che le formazioni, ascritte all'*eocene superiore* o all'*oligocene*, si legano assai meglio, stratigraficamente e paleontologicamente, al miocene che alla formazione nummulitica. Aggiungi (è un fatto che risulta dall'esposto e che metteremo in maggior luce più tardi), che tra la formazione nummulitica, a carattere alpino, costituente uno dei più vasti e più sicuri orizzonti per la geologia universale, e i terreni terziari più recenti, ebbe luogo un grande avvenimento, o piuttosto una serie di avvenimenti, aventi ragione nelle forze endogene, per cui furono quasi interamente mutate le condizioni alla superficie del globo. Nessuno dei gruppi, sia oligocenici, sia miocenici, non ci presenta più un orizzonte, paragonabile per la vastità e per la costanza dei caratteri, al grande orizzonte nummulitico. L'eocene medio, ossia il nummulitico, si presenta già alquanto frazionato, localizzato in parziali bacini: ci presenta già parecchie formazioni maremmane o lacustri: già ci accenna un progresso nella formazione degli attuali continenti. Ma la formazione nummulitica a carattere alpino, quasi costante in Europa, in Africa, in Asia, elevata a 2000, 3000, 5000 metri di altezza nelle maggiori catene del globo, ci dice, a non dubitarne, che nell'epoca nummulitica il mare stendeva ancora il suo dominio sulla maggior parte delle nostre aree continentali. Non così i terreni oligocenici, o molto meno i miocenici. Il loro frazionamento,

il loro localizzamento in bacini parziali; la prevalenza della loro indole maremmana o lacustre; la loro mediocre elevazione sono, salvo eccezioni, fatti universali, fatti veramente caratteristici della nuova epoca.

931. Noi non staremo però a discutere sui limiti da assegnarsi alle diverse epoche terziarie. Siamo già persuasi che non si può tracciare una vera linea di demarcazione fra le diverse epoche geologiche. La serie degli strati è del resto abbastanza precisata, e la geologia, per ciò che ha di più importante, non soffrirà grave nocumento dai dispareri dei geologi, circa la fissazione dei confini delle epoche, da che quei dispareri si risolvono per lo più in quistioni di parole o di apprezziazioni di ordine affatto secondario. Io sarei intanto d'avviso che considerassimo i così detti terreni oligocenici come rappresentanti un periodo di transizione fra il nummulitico e il mioceno, il quale è ben caratterizzato dall'abbondanza delle specie ancora viventi, da una fauna di mammiferi estremamente ricca, e molto simile alla fauna attuale, dalla elevazione a mediocri altezze, occupando in genere le basi delle principali catene del globo. Venendo ora alla rassegna dei terreni miocenici, dovremo ancor più che nel precedente capitolo, dividere l'analisi secondo le diverse località, o accontentarci di orizzonti parziali.

932. Cominciamo dai *Faluns della Turenna*, proclamati da Lyell nel 1833 come tipi del miocene. La Turenna è quel paese che si stende sulla Loira intorno ai confluenti dell'Indre e del Cher, e ha per centro la città di Tours. Il terreno di cui ci occupiamo è specialmente sviluppato presso lo sbocco della Loira, e nei dintorni di Nantes, Tours, Pontlevaix sûr Cher, a Dinan e Renne in Bretagna.

Sopra il terreno cretaceo giaccion conglomerati, gres, sabbie, argille, e superiormente calcari, argille e quarziti di acqua dolce, considerati dubbiamente come una continuazione delle *sabbie superiori* del bacino di Parigi. I *faluns*, sovrapposti a quel complesso di strati terziari più antichi, constano di un tritume di conchiglie, di sabbia calcarea mista talora a sabbia quarzosa. Vi si incontrano dei ciottoli, staccati dal calcare lacustre inferiore, i quali mostrano evidentemente come esso calcare lacustre costituisse il fondo primitivo del littorale marino, ove si deposero i *faluns*, essendo traforati dalle foladi. Lo spessore di quella formazione sorpassa di rado i 15^m, giungendo però talora a 20, e fino a 50.

Su 290 specie di conchiglie, raccolte nei dintorni di Tours, Lyell ne aveva distinto circa 70 appartenenti a specie ancora viventi. Le viventi vi figuravano adunque in proporzione del 25 per 100. Dujardin più tardi numerò 125 viventi su 248 specie fossili, cioè circa il 50 per 100. I generi *Oliva*, *Ancillaria*, *Mitra*, *Terebra*, *Pyrula*, *Fasciolaria*, *Conus*,

Nerita, ecc. danno alla fauna dei *faluns* un'impronta subtropicale. Delle specie viventi, alcune abitano attualmente le coste dell'Africa e l'Oceano Indiano. Furono anche determinate 43 specie fra *Coralli* e *Briozoi*.

I mammiferi appartengono in parte a generi viventi, come Rinoceronte, Ippopotamo, Daino; in parte a generi estinti, come il Mastodonte e il Dinoterio. Ma io ritengo che il *Dinotherium*, e probabilmente i mammiferi che si collocano nel miocene, seguino invece l'orizzonte dell'opoca seguente, cioè del *pliocene*. Di ciò più tardi.

933. Ai *faluns* di Turenna si legano quelli di Bordeaux. Sopra le formazioni oligoceniche che riempiono quel bacino (§ 902) e comincierebbero col *banco d'ostriche* terminando coi *faluns di Bazas*, ascritti al *miocene* dal d'Archiac, giaciono i così detti *faluns di Léognan*, sabbie rigurgitanti di conchiglie marine, coperte da altre sabbie ugualmente conchifere, distinte col nome di *faluns di Saucats*. A questi veri equivalenti dei *faluns di Turenna* sono sovrapposti i *faluns di Salles*, ricchi di conchiglie marine di forme assai più recenti. Queste rappresentano già probabilmente il pliocene, mentre soggiaciono, come riporta Naumann, a una massa di sabbie potenti, ritenute quaternarie, che danno un aspetto di deserti ai dipartimenti della Gironda e delle Lande.

934. Altro equivalente dei *faluns di Turenna* sono i *faluns gialli*, molto sviluppati sulla destra dell'Adour, cioè sui piani del Marensin. Cominciano coi *faluns di Saint-Paul*, ossia colle sabbie giallicce, zeppe di conchiglie nei dintorni di Saint-Paul, a nord di Dax. Vi si ripetono in gran parte le specie di Léognan e di Saucats. Segue superiormente il calcare a *Cardita Jouanneti*, dichiarato dai fossili come equivalente dei *faluns di Salles*, quindi probabilmente eocenico. Cercando ora gli equivalenti miocenici nella Francia centrale, ci ricorderemo come la serie stratigrafica di quel gran bacino lacustre non è nè definitivamente costituita, nè con sicurezza parallelizzata. Secondo il D'Archiac sarebbero già miocenici i gruppi così ricchi di vertebrati terrestri, già da noi considerati sotto il N. 3 (§ 897), e ritenuti infatti da alcuni come appartenenti all'eocene superiore. Ciò vuol dire che qui, come dovunque, i geologi sono incerti nell'assegnare i confini fra le due epoche. Negli strati ritenuti miocenici dal D'Archiac si contano 48 specie di mammiferi e 13 di rettili, oltre alcuni uccelli, nel dipartimento dell'Alliér. Nella Limagna si raccolsero pure 40 specie di mammiferi, 18 rettili e alcuni uccelli.

935. Altro bacino lacustre è quello del Rodano. I depositi lacustri terziarî sono sviluppatissimi nel Delfinato e nella Provenza. Nel bacino dell'Arc, intorno a Aix, quei depositi lacustri vantano uno spessore di 2000 metri, cioè, dice D'Archiac, la maggior potenza che presentino finora le roccie

terziarie.[1] Sembra però che quei depositi rappresentino tutta intiera la serie terziaria.

936. A nord della Francia si distendono i terreni miocenici d'Inghilterra, a ovest quelli della Spagna, a est quelli del Belgio, dai quali si passa agli infiniti depositi miocenici dell'Europa centrale.

In Inghilterra il miocene è ridotto a scarsi lembi parziali. Se durante l'epoca miocenica lo stesso mare accomunava gran parte delle due regioni, formando un bacino eocenico anglo-francese; ora esse due regioni si sono rese già affatto indipendenti l'una dall'altra. Il miocene marino manca affatto in Inghilterra. Forse gli si potrebbero ascrivere le sabbie riposanti sulla creta, tra Folkston e Dorking nel Kent. D'Archiac ascrive al miocene la parte inferiore del *crag di Suffolk*, o *crag corallino*; ma gli Inglesi, come vedremo, lo ritengono decisamente pliocenico. Al miocene, o, se vuolsi, all'eocene superiore, cioè al periodo di transizione già accennato, deve ascriversi il bacino lignitico di Bovey-Tracey, nel Devonshire. Rappresenta una specie di lago, della lunghezza di 10 miglia, che fu riempito da argille, sabbie, ghiaje, ligniti. Tra le piante fossili, che vi si raccolgono copiose, Heer riconobbe 14 specie del *Tongriano* e 13 del *Magonziano*.[2]

937. Anche la Spagna era ormai sicura, durante l'epoca miocenica, dalle invasioni del mare. Vanta tuttavia ancora dei depositi miocenici marini, che, secondo il D'Archiac, circoscrivono la penisola in vicinanza delle coste, e penetrano più o meno profondamente nell'interno, disegnandovi dei golfi miocenici. Nella parte sud-est, da Valenza a Cadice, quei depositi cingono un gran numero di isolotti, formati di roccie mesozoiche o eoceniche, e separano a sud il grande rilievo della Sierra Nevada. Altri lembi di miocene marino sono segnalati verso la parte superiore del bacino della Guadiana, e altri più considerevoli nel bacino inferiore del

[1] D'Archiac, *Géol. et Paléont.*, pag. 652.

[2] Andremo formandoci coi paragrafi seguenti un concetto almeno generale di questa flora eo-miocenica, illustrata specialmente dagli stupendi lavori di Heer. Trattasi di una flora veramente mondiale che ricopriva le terre dei due mondi, dalle regioni subtropicali alle estreme glaciali nell'êra terziaria, ma più specialmente sulla fine dell'epoca eocenica e sul principio della miocenica. Il numero delle piante, costituenti quella flora, oltrepassa d'assai il miglieio. La sola Svizzera ne vantava già 920 nel 1861. Come vi si contano alcune specie dell'eocene più antico, così vi si noverano alcune specie viventi. In massa però quella flora caratterizza specialmente le formazioni, che furono dai geologi considerate come oligocene o come miocene inferiore. Attenendoci alle serie dei piani terziari stabilita da Mayer e adottata da Heer, quella flora comincia col *Tongriano*, ossia col nummulitico superiore, e si sviluppa quindi specialmente nell'*Aquitaniano* e nel *Magonziano*, cioè precisamente nelle formazioni che stabiliscono una transizione fra l'eocene e il miocene. Continua poi nel miocene superiore e nel pliocene, cedendo però sempre più il posto a una flora più recente, che va mano mano localizzandosi e assumendo l'aspetto delle flore attuali

Tago a sud di Lisbona. I terreni miocenici lacustri sono invece sviluppatissimi e formano degli altipiani, elevati 600, 700 e fin 1000 metri, verso il centro della penisola, d'onde si stendono a sud nel bacino superiore del Tago, a nord in quello del Duero, e in quello dell'Ebro a nord-est. Il grande altipiano della Castiglia, dice D'Archiac, era quasi tutto all'ingiro circondato dall'Oceano terziario e occupato da vasti e numerosi laghi. Quei laghi, come i contemporanei dell'Alvergna, sono riempiti inferiormente di conglomerati, grès e argille, poi di marne e gesso, e finalmente di calcare. Vi si scoprono gli stessi mammiferi che nei depositi contemporanei di Francia, Svizzera e Italia. I Dinotherium però non avrebbero passato nè i Pirenei, nè le Alpi, tenendosi esclusivamente nelle grandi bassure della Francia e della Germania.[1] Il mare miocenico stendevasi invece ancora sul Belgio e sulla Fiandra francese, ove troviamo, come nella Francia occidentale, sopra i giacimenti eocenici, i miocenici, che conservano ancora il carattere marino. Infatti al sistema *rupeliano* (§ 905) già descritto, con cui si chiude il periodo oligocenico o l'eocene superiore, Dumond fa seguire il sistema *Bolderiano* dalla leggera eminenza detta Boldberg, a ovest di Hasselt. Questo sistema consta di sabbie e ghiaje, dello spessore di circa 21 piedi. Contiene conchiglie marine dei *faluns* di Turenna e alcune viventi. Al *sistema bolderiano* si sovrappone il *sistema diestiano*, costituito da sabbie, molto sviluppate nel Belgio e nella Fiandra francese, ricche talora di fossili, per esempio, presso Edeghem, dove, su 150 specie, si contano 85 schiettamente mioceniche e 52 viventi. D'Archiac colloca già i due piani suddetti nel *pliocene;* Mayer invece colloca, benchè dubbiamente, il *bolderiano* nel suo *étage langhien*, ciò nel pretto miocene.[2]

938. La gran vallata svizzera, tra il Giura, le Alpi, il lago di Costanza e il lago di Ginevra, è tutta entro i dominî dell'epoca miocenica. Le formazioni passano sotto il nome generale di *molassa svizzera*, e sono infatti costituite per la massima parte da *molasse*, ossia da arenarie marnose e da marne, a cui si associano primieramente, nelle parti meridionali, i conglomerati, ossia il così detto *Nagelfluh*. La molassa svizzera, occupando, come dissi, tutta la vallata, e costituendone gli infiniti colli, si serra da una parte, a nord e a nord-est, lungo la catena del Giura, insinuandosi anche negli interni meati di quella catena, e riempiendone i piccoli bacini scavati nelle roccie cretacee e giuresi di cui essa si compone. Si osserva che il miocene partecipò anch'esso agli ultimi movimenti ascensionali della re-

[1] D'Archiac, *Géol. et Paléont.*, pag. 665.
[2] *Tableau syncron.* 1868.

gione giurese. Presso le Alpi il sistema miocenico si ergo rapidamente fino all'altezza di 2000m. Attinge infatti una elevazione di 924m sul Jorat, di 1608m sul Napf, che segna i confini tra i due cantoni di Berna e di Lucerna, di 1798m sul Rigi, e 1955m sulla piramide dello Speer. Dove raggiunge le maggiori altezze il miocene si presenta a preferenza sotto la forma di *Nagelfluh*. Infatti il conglomerato di questo nome forma un grande espandimento, che ha per centro il citato monte Napf, e si espande all'ingiro, mantenendo uno spessore enorme e formando quasi da solo montagnosi colossi, come il Rigi, il Rossberg, ecc. Alle molasse o al *Nagelfluh* si aggiungono dei calcari marini o d'acqua dolce. I primi si limitano però ai confini più settentrionali del Giura di Berna, Soletta e Basilea. Fra i calcari d'acqua dolce sono celebri quelli di Oeningen, così detti dall'abbazia di questo nome, che si trova sulla destra dell'emissario del lago di Costanza, al confine tra la Svizzera e il granducato di Baden.

939. Le opere di Heer ci prestano i migliori documenti per riconoscere la successione dei piani componenti quella classica formazione miocenica. Per la classificazione dei terreni egli però si attiene a quella stabilita da Carlo Mayer.

A — Oligocene o eocene superiore.

1.° *Piano Tongriano*. — Formazione marina, che si stende dal Cantone di Basilea fino a Pruntrut in quello di Berna, e disegna un braccio di mare, che si insinuava nella Svizzera, tenendosi in communicazione col mare del nord della Francia, del Belgio e del nord della Germania. Vi si raccolsero 62 specie di molluschi oligocenici e denti di squalo.

2.° *Aquitaniano*. — Questa formazione consta di una massa imponente di marne e molasse rosse, dello spessore fin di 1000 piedi, formante il sottostrato universale della formazione miocenica della Svizzera. Comprende anche una parte del *Nagelfluh*. In questa, che diremo parte principale e fondamentale della molassa svizzera, vediamo rappresentata una vasta maremma, che si distendeva nell'epoca miocenica tra il Giura e le Alpi. I fossili che vi si raccolgono indicano a volte a volte acque dolci, a volte a volte acque salmastre o marine. Strati di lignite vi si scoprono in più luoghi. Appartiene a quegli strati la parte forse più tipica della flora miocenica descritta da Heer, che serve di confronto per riconoscere le flore mioceniche più antiche. Le piante numerate da Heer sono 186. Negli stessi strati raccolgonsi ossami di pachidermi.

B. — Miocene.

1.° *Magonziano*. — Molassa d'acqua dolce, dello spessore di più centinaja di piedi, accompagnata, nelle parti più settentrionali del Can-

tone di Basilea fin presso a Sciaffusa, da molassa marina con fossili dei *faluns* di Turenna. La molassa del Magonziano porta alla flora miocenica un contribnto di 58 piante terrestri.

2.° *Elveziano.* — Sono molasse e arenarie più recenti, di origine marina, sparse in tutta la Svizzera subalpina. Offrirono 334 specie di conchiglie, e delle quali vivono ancora 115, cioè $^1/_3$ nll'incirca. Molte di quelle conchiglie presentano un carattere tropicale.

3.° *Strati di Oeningen.* — Questa formazione, che apparterrebbe al *Tortoniano* di Mayer, è d'acqua dolce, e ricopre le formazioni precedenti nella Svizzera orientale. Si compone di sabbie, marne e calcari. Presso la celebre località da cui traggono il nome, consiste in strati calcarei o argillosi, simili ad ardesie, che hanno tutta l'apparenza d'essersi deposte in un lago isolato sulla fine dell'epoca miocenica. Figurano fra gli strati che hanno pagato alla paleontologia un più ricco tribnto. Le offrirono infatti 475 piante e 922 animali. Il contingente maggiore è recato dagli insetti, che sono in numero di 844 specie, oltre 28 aracnidi. Ci abbiamo inoltre delle *Helix*, dei *Cypris*, dei granchi, 32 pesci, tartarughe, cocodrilli, serpenti, rane, salamandre. È una gran salamandra di Oeningen *(Andrias Scheuchzeri)* quella che, ai tempi di Cuvier, fu scambiata per un nomo *(Homo diluvii testis)*. Si scoprono inoltre resti di mammiferi, per esempio, di *Mastodon angustidens*. Io credo che la formazione di Oeningen, e forse tutto il piano olveziano descritto, andrebbero compresi nel pliocene. Ciò pare ammesso recentemente dallo stesso Mayer, poichè, nel suo *Tableau syncronistique* pubblicato nel 1868, vediamo gli strati di *Oeningen* figurare nel *piano messiniano*, che vedremo appartenere al pliocene.

940. Quanto alla flora miocenica, alla quale si possono riferire come a tipo le flore contemporanee dell'antico e del nuovo continente, gioverà ritenere che essa si compone, secondo Heer,[1] di 920 specie di piante, raccolte dai diversi piani summentovati; la metà tuttavia di esse piante, attraversa tutti i suddetti piani. Trattasi dunque veramente di una gran flora terziaria, di una flora cioè, che incominciò a rivestire le terre a partire dal periodo nummulitico, come vedremo parlando delle flore contemporanee d'Italia: svilnppossi poi in una flora oligo-miocenica, la quale caratterizza specialmente l'aquitaniano, e si converse finalmente, sempre perdendo un gran numero di specie, e acquistandone altre ugualmente in gran numero, in una flora mio-pliocenica che caratterizza l'elveziano e le formazioni plioceniche subapenniniche d'Italia. È naturale che que-

[1] Heer, *Recherche sur le climat et la végétation du pays tertiaire*, 1861.

sta flora non possa servire a delimitare i terreni, o a stabilire gli equivalenti, se non entro limiti assai larghi. Ma per compenso serve a darci l'idea dello svolgimento successivo dell'êra cenozoica, principalmente dal lato del clima, che, come meglio vedremo, si va profondamente modificando in un'epoca, che trova i poli ricoperti di vergini foreste, e li lascia sepolti sotto il ghiaccio.

941. Dalla Svizzera l'orizzonte miocenico ci guiderebbe naturalmente in Baviera, e di là nell'Austria, in Boemia, in Ungheria e nella Germania del nord. Questo vasto orizzonte ci apparirà tracciato da una serie di mari, di maremme, di laghi, in fine da un vasto littorale che distendevasi immediatamente ai piedi dei primi grandi rilievi delle Alpi, che limitavano allora il gran mare del nord. Prima però di seguire quella traccia, gettiamo uno sguardo sui versanti meridionali delle Alpi, sull'Italia, già definitivamente separata dalla Svizzera e dalla Germania mediante i rilievi alpini, che avevano già allora uno sviluppo considerevole. Le Alpi e gli Apennini cingevano già allora una depressione marina e maremmana a sè, cioè una gran depressione adriatica, che occupava, non solo la gran pianura Padana, ma una gran parte dell' area ora occupata dai rilievi subalpini e subapennini, lambendo i piedi delle maggiori alture dell'una e dell'altra catena. Anche dalle parti del Tirreno il mare o le maremme s'inoltravano, ma assai meno sensibilmente, verso le Alpi e l'Apennino.

942. I versanti delle Alpi lombarde erano probabilmente già asciutti durante l'epoca miocenica; ma subirono una depressione nell'epoca seguente. Mentre in fatti manca in generale il miocene su quei versanti, vedremo come i depositi pliocenici, marini o fluviali, si inoltrino fino ai piedi delle Prealpi, a nord di Varese, di Bergamo, e a sud di Brescia, riposando immediatamente sugli strati sollevati della creta e del nummulitico. Alcuni depositi fluviali accusano però il miocene su quei versanti. Ritengo miocenici infatti i conglomerati del Montorfano bresciano, i quali presentano una forte inclinazione, che accusa un sollevamento post-miocenico. Ritengo ugualmente miocenico i già descritti depositi di Badia a nord-ovest di Brescia (§§ 80-82), mistura di conglomerati fluviali e di calcari idrotermali con conchiglie terrestri. Ritengo miocenica finalmente la Gonfolito, ossia i conglomerati poligenici, a grossi elementi, alternanti con arenarie, che costituiscono i colli fra Camerlata e S. Fermo sopra Como e presentano l' equivalente moridionale dei *Nagelfluh*, tanto sviluppati nella Svizzera. Anche questi conglomerati sono sollevati fin presso la verticale, ed emergevano già dal mare pliocenico, che depose le argille e le sabbie marine tra quei colli e le montagne a nord di Varese.

943. Dalla Lombardia passando alla Venezia, troviamo che il mare mio-

cenico invase ancora per qualche tempo i versanti adriatici. Abbiamo già veduto come gli schisti e le arenarie (§ 910 N.° 4), colla celebre flora vicentina (§ 911), riposanti sui depositi schiettamente nummulitici, rappresentino già un periodo di transizione fra l'eocene e il miocene. Quegli strati sono infatti riferiti da Heer e da Mayer al gruppo inferiore della *molassa* svizzera, ossia al tongriano. La flora vicentina già descritta (§ 911) numera infatti 20 specie del miocene inferiore del Piemonte, e 49 del miocene inferiore, o primo piano della molassa svizzera. Abbiamo però anche veduto come, specialmente pe' suoi palmizi, conservi una somiglianza di famiglia colla flora bolcense più antica (§ 910) e accusi un clima più caldo della flora tongriana della Svizzera. Questo secondo fatto potrebbe forse spiegarsi colla differenza delle latitudini; ma può essere anche un argomento di maggiore antichità in favore della flora vicentina.

Decisamente più recente della flora bolcense e di quella di Salcedo, è invece la flora, pur essa vicentina, di Zovencedo. Heer la riferisce all'*aquitaniano*, ed io la ritengo compresa nel primo piano schiettamente miocenico fissato da Suess per la serie vicentina, cioè nel *gruppo di Castel-Gumberto*. Sopra il 4.° gruppo stabilito da Suess seguono infatti i gruppi seguenti:

1.° *Gruppo di Castel-Gumberto*, composto di calcari molto fossiliferi e di tufi vulcanici, che, nelle ligniti di Monte-Vialo, contiene dei fossili riferibili agli *strati di Gaas* (base, secondo d'Archiac, del terziario medio nel bacino dell'Adour) o di Oberburg, e l'*Anthracotherium magnum.*

2.° *Strati di Schio*, calcari ricchi di fossili.

3.° *Marne azzurre*, *sabbie* e *conglomerati*, che si vollero pliocenici, ma che pajono ritenuti da Suess ancora come miocenici. Credo riferibile a quest'ultimo piano miocenico la zona indicata da Hauer [1] come pliocenica, che, fiancheggiando a sud la zona nummulitica, comincia a Marostica, a ovest di Bassano, prosegue ad Asoli, si dilata tra Nervesa, Conegliano e Serravalle, continua per Capella e Aviano fino a S. Daniele, e si perde a nord di Udine. Il miocene è sconosciuto al Friuli, all'Illiria ed alla Dalmazia, come il pliocene marino è ignoto a tutte le provincie ad est del lago di Garda, chiave, come pensa il Taramelli, di tutti i movimenti più recenti dell'alta Italia.

944. Mentre la zona che precede il rilievo delle Prealpi lombarde era già terra durante l'epoca miocenica, e la stessa zona ugualmente asciutta nelle provincie venete, nell'Istria, nella Dalmazia, presentava però nel Vicentino un littorale, o un arcipelago vulcanico, coperto di vergini foreste

[1] *Geologische Uebersichtskarte der Oesterreischen Monarchie.*

di carattere subtropicale; nelle regioni più settentrionali, in Piemonte, nella Liguria, nelle regioni alla base degli Apennini, dominava ancora il mare, o almeno il littorale marino, confinato qua e là da maremme boscose, e da stagni maremmani.

Sui conglomerati, in genere sulle formazioni ascritte al nummulitico di Piemonte, riposano ammassi assai potenti di arenarie fine, che costituiscono i colli di Torino, nominatamente quello di Superga, celebre per la ricchezza della sua fauna marina. La stessa formazione è particolarmente sviluppata, secondo il Pareto, nel gruppo di colline, le quali, sotto il nome di Langhe, occupano il territorio attraversato dalle valli del Belbo e della Bormida. Da ciò il nome di *Piano langhiano*, assegnato alla formazione in discorso, che pare si sviluppi ancor maggiormente nella valle della Scrivia, dove raggiunge un'elevazione da 500 a 600 metri. Gli strati di Superga sono riferibili ai *faluns di Turenne*, ai *bacini di Vienna* e alla *molassa svizzera media*, cioè ai *piani magonziano ed elveziano*. Il giudizio dedotto dalle conchiglie marine è corroborato da quello che Heer dedusse dallo studio della flora. Su circa 100 specie di piante, appartenenti agli strati di Superga, ne riconobbe 36 appartenenti ai diversi piani della molassa svizzera.

Verso la parte superiore del *piano langhiano* comincia l'alternanza di marne grigiastre, con strati più sabbiosi, giallastri: comincia cioè il *piano serravalliano*, da Serravalle, dove è molto sviluppato. Quelle sabbie sono ricche di testacei marini, e hanno fisonomia di sabbie littorali, molto estese a est e a ovest di Serravalle. Nella valle della Staffora raggiungono l'altezza di 642 metri. La carta geologica d'Italia del Collegno indica già assai bene un gran golfo miocenico, che ricopriva la Liguria e il Piemonte fino al piede delle Alpi. Fu questo golfo successivamente colmato dai depositi miocenici, pliocenici e dalle alluvioni quaternarie, prescindendo da quel tanto che il golfo stesso si prosciugò per effetto del sollevamento, avvenuto in seguito al sollevamento dei depositi marini a considerevoli altezze sopra il livello del mare.

945. Esistevano però intanto, come dissi, isole e maremme, rivestite di ricca flora, a cui si deve la formazione delle ligniti del Piemonte. Hanno questa origine le ligniti di Stella, Santa Giustina, Perlo, Nuceto, Bagnasco, Cairo, Cadibona. Si conoscono 34 specie di piante, appartenenti alla formazione lignitica, 27 delle quali sono proprie della molassa inferiore della Svizzera. Si conclude da ciò che questa formazione appartiene approssimativamente al tongriano, cioè a un periodo di transizione fra l'eocene e il miocene. Celebre sopra tutte pe' suoi fossili è la lignite di Cadibona che prestò argomento di egregi studî paleontologici al signor Gastaldi.

Vi si scopersero *Anthracotherium magnum*, *A. minimum*, *Rhinoceros incisivus*, *R. minutus*, ecc. 148 specie di fossili marini, associati agli strati lignitici di Cadibona, collocano qnella formazione nel miocene o nell'oligocene. Quanto alla flora, pare sia essa nn prolnngamento della flora di Salcedo, Novale e Chiavon nel Vicentino (§ 911), cni abbiamo già vista collocata da Heer nel Tongriano. Mayer del resto osservò recentemento [1] come la formazione di Cadibona consta di *Nagelfluh* e di marne, che si assomigliano perfettamento all'antica molassa svizzera. Più recenti della flora di Cadibona sono le flore di Stradella e di Guareni, riferibili alla molassa svizzera superiore, cioè al Tortoniano. Si potrebbero anche riferire al piano di Oeningen, trovandovisi insetti e pesci, che, o specificamente o almeno genericamente, corrispondono alla fanna di qnella tipica località. Si collocano sotto allo stesso orizzonte le ligniti di Val di Magra sui confini tra la Lignria e la Toscana, contenenti conchiglie d'acqua dolce e 25 specie di piante.

Le flore suddette di Stradella, Gnareni e Val di Magra si trovano già dunqne nei confini tra il miocene e il pliocene, mentre appartengono a preferenza a quest'ultimo orizzonte terziario le flore toscane della Val d'Arno, della Val d'Era, di Castro, di Siena, ecc., delle qnali ci riserviamo di parlare nel capitolo seguente. Una zona schiettamente miocenica si distende invece, nelle provincie di Reggio e di Modena, secondo il Doderlein, e qnindi, secondo lo Scarabelli, da Bologna a Sinigaglia snl versante adriatico dell'Apennino.

946. Il professore Doderlein ha recentemente pnbblicato la carta geologica delle provincie di Modona o Reggio, [2] e a parte quella della seconda di dette provincie. [3] I terreni miocenici, come i terziarî più antichi e più recenti, sono disposti in zono parallele all'Apennino. Il miocene si arresta ai rilievi più sottentrionali; trattasi in genore di formazioni marine, a cni si associano, come a Stradella, nel Bolognese, e nel Senigalliese, i gessi e limitatamente le formazioni lacustri. La formazione marina consta di marne, molasse serpentinose, calcari marnosi, con fossili caratteristici dell'epoca. Gli strati riferiti al miocene superiore, composti di marne biancastre, di sabbie giallastre, molasse, ghiaje, conglomorati, sono anche più ricchi di testacei marini. Un catalogo di Doderlein ne nnmera forse 700 specie. [4]

947. Evidentemente la zona miocenica dell'Emilia si continua con qnella

---

1 *Ueber die Nummuliten-Gebilde.*

2 *Note illustrative della carta geologica del Modenese e del Reggiano.* Modena 1870.

3 *Brevi cenni sulla costituzione geologica della provincia di Reggio-Emilia.*

4 *Atti del X Congresso in Siena nel* 1862

del Bolognese e del Senigalliese. Una prima porzione di questa ci è data dalla *carta geologica dei dintorni di Bologna*, pubblicata or ora (1871) dal professore Capellini. Il miocene vi è pure formato di molasse, di marne e di gesso. Un secondo brano della stessa zona è rappresentato dalla *Carta geologica del Senigalliese e dell'Anconitano*, che correda la magnifica opera sulla flora fossile del Senigalliese. [1] La formazione miocenica si mostra in due grandi zone parallele fra loro e parallele all'Apennino, composte di molasse, argille schistose, con gesso compatto o schistoso, e schisti argillosi. In genere trattasi di una formazione di acqua dolce, meglio di una formazione maremmana, che diede uccelli, pesci, molluschi e sopratutto un gran numero di piante. Alcuni fossili però indicano come a volte a volte il mare invadeva quella bassa regione. La flora appartiene ai più recenti fra i periodi terziari, caratterizzati dalla flora co-miocenica. Saranno circa 300 specie, secondo Heer; 41 del Tongriano e dell'Aquitaniano; 19 del Magonziano; 61 dell'Elveziano. Quella flora è dunque prettamente miocenica, e si colloca presso a poco al livello della flora di Stradella.

948. Io non dubito che tutta quella zona, segnata sulla carta del Collegno come pliocenica, formante una vasta orlatura all'Apennino verso l'Adriatico, continuando e allargandosi nell'Italia meridionale, non si abbia a dividere in due, l'una miocenica, l'altra pliocenica, come ce lo mostrano gli studî di Doderlein pel Modenese, quelli dello Scarabelli pel tratto da Bologna a Sinigaglia, e come lo dice per tutta la zona il nome di terreno *mio-pliocenico* adottato dall'Omboni. [2] Così il miocene, ordinariamente marino, concorre col plioceno a formare il molteplice rilievo dei colli subapennini, da dove si spiccano le montagne più elevate, costituite, come vedemmo, dal nummulitico e dai terreni mesozoici. A pienamente convincerci di ciò valgono gli studî del Seguenza sul miocene delle parti più meridionali dell'Italia, cioè della Calabria e della Sicilia.

949. Abbiamo veduto come in Sicilia non siasi segnalato finora nessun deposito che possa ritenersi eocenico. Gli studî del Seguenza mostrano come nella provincia di Messina le formazioni terziarie più recenti riposino immediatamente sulle roccie più antiche, paleozoiche o protozoiche, o sulle cretacee. Cominciano con conglomerati, composti di grossolani elementi, prodotti dalla erosione delle roccie più antiche, appena sommerse dal

[1] Massalongo e Scarabelli, *Studî sulla flora fossile, e geologia e stratigrafia del Senigalliese*. Imola, 1859.
[2] *Nuovi elementi di storia naturale*. Milano, 1869.

mare miocenico. Ciò pare doversi ritenere, dal momento che quei conglomerati sono coperti immediatamente da sedimenti di età miocenica. Questi sedimenti sono inferiormente argille marine, superiormente sabbie. A questi depositi marini si associano, in via subordinata, argille lacustri e ligniti. La fauna è quasi esclusivamente marina e quasi interamente composta di molluschi. Di 200 specie, 28 soltanto sono ancora viventi. Vi furono scoperti resti di ippopotamo, di rinoceronte e di *sus chaeroides* Pomel.

Il Seguenza, ne' suoi più recenti lavori, continuava la serie miocenica colle marne e i calcari coralliferi, che si sovrappongono alla formazione descritta. Ora staccò queste più recenti informazioni del miocene, e ne formò il *piano zancleano*, collocandolo alla base del *pliocene*, come vedremo più tardi.

950. Il *miocene*, ridotto a quell'unica zona descritta, non è finora distinto nel resto della Sicilia; ma lo sarà certamente, perchè gli studi del Seguenza mostrano che il *zancleano* (pliocene inferiore) è in intimi rapporti col *miocene* tanto in Sicilia quanto in Calabria. Nella parte meridionale di questa regione, infatti, dal Capo delle Armi al Capo Spartivento, il miocene si mostra coperto dalla formazione zancleana. La provincia di Reggio specialmente si può dire, geologicamente, una continuazione della provincia di Messina. Sopra le roccie antiche (gneiss, graniti), coperte talvolta da calcari della *creta*, riposa l'identica serie terziaria messinese. Chiuderò col dire che le bellissime ambre insettifere che si raccolgono alle foci del Simeto presso Catania, rivelano una terra già coperta dalla classica flora che ombreggiava così gran parte della Germania, come diremo ben tosto.

951. Ritornando agli opposti versanti delle Alpi, dicevamo (§ 941) che il miocene ci conduce immediatamente dalla Svizzera in Baviera. I terreni, riconosciuti da Gümbel come miocenici, si sovrappongono agli *schisti superiori bituminosi a Cyrena* (§ 907), che abbiamo già detto potersi riferire all'*Aquitaniano*, e quindi considerare come miocenici. Come in Svizzera, gli strati miocenici della Baviera, tenendosi orizzontali nel piano verso il Danubio, si rilevano a monte, e fanno mantello alle Alpi. Gümbel indica, dal basso all'alto, la serie seguente:

1. *Molassa inferiore d'acqua dolce*, o *molassa giallo-grigia a foglie*. — Si può ritenere come continuazione della *molassa svizzera grigia di acqua dolce*, riferita al *magonziano* di Mayer. Dalla Svizzera, prolungandosi a est, giunge in Baviera, dove va quindi assottigliandosi, finchè muore in un angolo acuto. Vi abbondano le piante fossili.

2. *Molassa marina superiore*. — Arenaria conchifera, identica af-

fatto alla molassa svizzera, che costitnisce l'*elveziano* di Mayer. Dal lago di Costanza si dilata fino al Peissenberg. Più oltre verso est va prendendo l'aspetto della molassa marina del bacino di Vienna. Si ritiene equivalente dei *faluns di Léognan* e *di Salles* (§ 933), e contiene molte specie del miocene di Bordeaux.

3. *Molassa superiore d'acqua dolce.* — Consta di conglomerati, marne, schisti argillosi e ligniti; contiene conchiglie terrestri *(Clausilia, Helix, Cyclostoma)* e di acqua dolce *(Unio, Cyclas, Paludina, Planorbis)*.

4. *Sabbia a ossami.* — Sono sabbie e ghiaje, sparse di ossami di Mastodonte, Rinoceronte, ecc., cbo coprono la formazione precedente presso Ulma, Ingolstadt, Dachau, Regensburg, e chiudono la serie terziaria nell'altipiano del Danubio. Non è improbabile che questa formazione fluviale debba riferirsi al pliocene.

952. La formazione terziaria di Baviera si lega alla gran formazione sincronica che riempie il *bacino di Vienna.* Questo celebre bacino terziario si distende fra i monti della Boemia, i Carpazi e le Alpi nord-est. In direzione nord-est si prolunga da Olmütz a Oedenburg; in direzione ovest da Theben a Melk. Il bacino di Vienna rimane diviso in due metà dal Danubio; non figura però che come un golfo del bacino ungarese, al quale si riunisce tra il Leitbagebirge o Haimburg, mentre a ovest communica, nei dintorni di Melk, col bacino superiore del Danubio. Il bacino di Vienna, dice Hörnes, congiunge il bacino superiore del Danubio con quello d'Ungheria, come oggi il mar di Marmara congiunge l'Egeo col mar Nero. Tutti questi bacini però, come meglio apparirà in seguito, non sono che porzioni di uno sconfinato mare del nord, che, dilatandosi oltre i confini del mare del nord attuale, copriva, durante il periodo miocenico, l'Europa centrale, da Dacs e Bordeaux fino a Lapngy e Dobra, nel Siebenbürgen, dilatandosi fino a Belgrado nella Servia, soverchiando poscia i limiti d'Europa, per dilatarsi nell'Asia occidentale, occupando tutta l'immensa depressione Aralo-Caspiana. Questo *mare del nord* dell'epoca miocenica, è quel *mare sarmatico* di cui diremo meglio più tardi, e che non era separato dal Mediterraneo che per mezzo dei principali rilievi d'Europa, occupando le pianure e le basse regioni a nord delle Alpi, dei Carpazi e del Balkan, che comparivano divise, come la grand'area occupata attualmente dal Mediterraneo, dal Mar Nero e dal Mar d'Azof, in parecchi grandi bacini.

953. Nel bacino di Vienna, uno degli indicati, variano assai le forme litologiche delle formazioni, che furono in questo senso distinte con nomi speciali. Vi si distinguono da prima i grandi depositi di ghiaje e sabbie con ligniti, coi quali, secondo Partsch, esordisce in quel bacino l'epoca terzia-

ria. I più antichi depositi giaciono immediatamente sulle roccie protozoiche o paleozoiche (gneiss e micaschisti). Si contano fra i più antichi depositi terziarî le ligniti del Brennberg, presso Oedenburg, dello spessore di 60 e fino di 120 piedi, e quelle di Schauerleiten, Klingenfurth, Gloggnitz, Leoben, Bruck o Judenburg nel Steiermark Komorn e Gran in Ungheria. Altra forma litologica, che conserva uno spessore di molte centinaia di piedi, è quella del *Tegel*, ossia dell' argilla plastica. Il *Tegel* presso Vienna non fu trapassato da un pozzo di 651 piedi. Notisi che si tratta in genere di strati orizzontali, che subirono soltanto qua e là leggeri disturbi. Il *Tegel* può ritenersi in genere come una formazione marina; contiene però superiormente strati d'acqua dolce. Al *Tegel* si associano sovente sabbie, con ligniti o calcari.

954. Forma litologica distintissima è quella del *calcare di Leitha* (Leithakalk), probabilmente una barriera corallina, essendo quel calcare composto quasi per intero di coralli e conchiglie. Il Leithakalk si sviluppa principalmente nel Loitbagebirge, nella regione fra Vöslau e Baden e fra Mödling e Perchtolsdorf. Il calcare passa talora a un conglomerato calcareo o si associa delle argille straricche di fossili, principalmente di foraminifere. Notasi superiormente uno strato con ossami di mammiferi.

955. La fauna del bacino di Vienna vanta a quest'ora più di 1500 specie. Vi si contano 197 specie tra coralli e briozoarî, 251 foraminifere, 8 echinidi, 9 crostacei entomostracei, 460 molluschi acefali, 500 gasteropodi. Vi scarseggiano i brachiopodi e i pteropodi. Tra i vertebrati sono scarsi i rettili, ma i pesci numerano 63 specie, e 23 i mammiferi. Salvo un piccolissimo numero di specie d'acqua dolce, le conchiglie sono marine, comprendendovi quelle che si ritengono d'acqua salmastra. Molte specie si incontrano poi nel pliocene, e centinaja di specie vivono ancora, anzi la maggior parte delle viventi abita il Mediterraneo.

956. Si disputa ancora sull'età relativa delle diverse formazioni. I così detti *strati di Horn* passano per i più antichi, o furono riferiti all'*oligocene*. A loro si associano tuttavia le sabbie, contemporanee della molassa svizzera e delle formazioni mioceniche di Turenna, Dax, Bordeaux e Perpignan. Contemporaneamente si sarebbe formato il Leithakalk, generato lungo le coste di quel mare, c che vanta molta analogia cogli strati di Torino. Più recente si ritiene il *Tegel*, i cui fossili convengono con quelli di Tortona e si avvicinano alla fauna subapennina. In fine il bacino di Vienna è eminentemente miocenico, e le diverse forme litologiche, più che alle diverse epoche, rispondono alle condizioni diverse del fondo di uno stesso mare. Più recenti però del complesso descritto di formazioni marine sono da ritenersi i depositi d'acqua salmastra e d'acqua

dolce, che si venivano formando mano mano che il mare si colmava o si prosciugava per effetto del sollevamento. Essi segnano il passaggio dal mare alla terra, che si stabiliva verso il principio dell'epoca pliocenica. In fine, attenendoci a Naumann, la serie viennese sarebbe, dal basso all'alto, stabilita così:

1. *Strati di Horn* (Horner-schichten). — Hanno, almeno in parte, fisionomia d'eocene superiore od oligocene. Constano inferiormente di sabbie, argille e calcari, con molte conchiglie; e superiormente di sabbie, arenarie e calcari dello spessore complessivo di 40 a 50 piedi. Di 92 specie di molluschi, raccolti nella sezione superiore, oltre la metà appartengono agli *strati di Vienna* propriamente detti, cioè al seguente gruppo marino.

2. *Gruppo marino.* — È questo il gruppo degli *strati di Vienna* propriamente detti, quelli a cui appartengono i fossili illustrati nella grande opera di Hörnes, cioè per la maggior parte i fossili del bacino di Vienna, di cui dicevamo più sopra (§ 955). Il complesso di questi strati disegna un bacino, o golfo, che occupava le Alpi austriache e i piccoli Carpazî. Ghiaje e conglomerati ne disegnano il lido: più internamente si distendeva la barriera corallina, conservata nel *calcare di Leitha:* più oltre ancora il fondo marino si copriva di sabbie: veniva finalmente il *Tegel*, che disegna la parte più profonda del golfo. Ai fossili marini si aggiungono scarsi resti di *Dinotherium* e di Rinoceronte, che accennano assai probabilmente a strati pliocenici appartenenti al gruppo marino.

3. *Gruppo d'acqua salmastra.* — Il golfo si restringe; diviene una gran laguna di acque salmastre, ove si depongono, secondo i luoghi, sabbie, calcaree, *Tegel*, cioè argille. Alle numerose conchiglie si aggiungono i pesci, le tartarughe, i delfini, le foche.

4. *Gruppo d'acqua dolce.* — Il bacino si restringe ancor più. Altre sabbie, ghiaje, *Tegel*, marne calcareo. La formazione di basse terre è accennata dalle piante terrestri o da una moltitudine di terrestri animali (*Dinotherium giganteum*, mastodonti, rinoceronti, antilopi). Le lagune di acqua dolce sono indicate da tartarughe e da conchiglie d'acqua dolce. Quest'ultima formazione, che costituisce il suolo di Vienna, si distende assai a est di detta città. Le si riferiscono le formazioni d'acqua dolce in gran numero che si scoprono in Ungheria, nel Siebenbürgen, in tutta la valle del Danubio, alle falde nordiche dei Carpazî, nella Galizia, verso i versanti sud-ovest delle Alpi Giulie, delle Carniche, in Podolia, Bessarabia, ecc., come meglio vedremo. Ritengo che questo *gruppo di acqua* dolce va in generale riferito al pliocene.

957. Il bacino di Vienna, considerato nel complesso delle sue formazioni,

si estende assai verso nord-est, e, segnendo la linea di Znaim, Nikolsburg, raggiunge a Skalitz i confini della Moravia, e si avanza fino ai confini di Olmütz. Vorso nord-ovest si stende da Znaim, per Brünn, verso Wiscbau. A Brünn si scorgono le tracce di un golfo laterale, che si può seguire da Unter-Kleptaschow fino a Blansko; o di là, sopra la destra della Zwittawa fino a Raitz: poi a Boskowitz, Kinitz, Zwittan fino in Boemia. In quelle località si scoprono i calcari e le argille del *Leithakalk* e del *Tegel*. Siccome però ci troviamo sui confini di quel mare in via di prosciugarsi, troviamo più presto gli indizî di tale prosciugamento, più scarso cioè le formazioni marine, più sviluppate invece e più decise le regioni maremmane. Dicasi lo stosso della regione dei Carpazî, della Galizia e del Siebenbürgen, ove il marino prosciugamento è accennato dagli ammassi prodigiosi di salgemma, i quali, come meglio dimostreremo nella III.ª parte di quest'opera, dovettero deporsi in bacini, simili ai laghi salati del Sahara, a cui il sollevamento veniva mano mano togliendo la communicazione coll'Oceano.

Per daro un'idea delle condizioni delle grandi regioni maremmane, determinate dal graduale sollevamento o dal riempimento del gran golfo di Vienna, intratteremo il lettore brevemente delle specialità offerte da una porzione del grande bacino, cioè dal distretto miocenico di Boemia, ove insieme congiuravano alla formazione delle attuali terre gli agenti esterni e gl'interni, le acque e i vulcani.

958. Il miocene della Boemia nord-ovest è diviso in un buon numero di bacini, l'uno dall'altro distintissimi. Per formarcene un'idea bisognerebbe portarci nelle attuali bassure della Svezia, sparse ovunque di laghi e torbiere, e supporvi contemporaneamente i vulcani attivi dell'Italia o di Giava. Tre principali bacini vi si distinguono; quelli di Teplitz, di Falkenau e di Eger.

959. Nel *bacino di Teplitz* le eruzioni vulcaniche avvennero quando ne era già avanzato il riempimento, e vediamo quindi le roccie eruttive prendervi parte e adagiarsi, in serie regolare, entro gli strati sedimentari. Siccome trattasi di roccie basaltiche, la serie degli strati si distingue in *antibasaltica* e *postbasaltica*.

1.° *Serie antibasaltica*. — Questa serie è distinta da una ricca flora, e si suddivide in diverse zone, le quali si sovrappongono nell'ordine seguente:

a) *Arenaria*, che passa talvolta al conglomerato. — Questa zona appartiene forse ancora all'*oligocene*. È ricca talora di piante fossili, e contiene conchiglie d'acqua dolce (*Anodonta*). Si riferiscono a questo livello i celebri *Polirschiefer*, ossia i Tripoli di Kutschlin, noti più comune-

mente sotto il nome di Tripoli di Bilin. Constano di una polvere finissima, composta di *Diatomee*, ossia di organismi microscopici, silicei, di acqua dolce (*Gallionella, Navicula, Bacillaria*, ecc.). Nei Tripoli e inferiormente ad essi si rinvengono piante e pesci.

b) *Sabbia*, alternante con schisti argillosi e siderite argillosa (Ferro limonitico).

c) *Argille* con siderite e piante.

d) *Lignite.* — Si rinviene in due, tre, e talora più strati sovrapposti. Il più profondo è anche il più potente, vantando uno spessore di 30 a 40, localmente fin di 60 a 100 piedi. Ne è attivissimo lo scavo nell'altipiano fra Aussig e Teplitz.

e) *Tufi basaltici*, indicanti una eruzione od una serie di eruzioni, che vennero a ricoprire di ceneri e di lapilli il fondo dei laghi.

2.° *Serie post-basaltica.* — Consta di tufi vulcanici, con calcari e conglomerati ricchi di piante, di rane, di insetti. Parziali bacini di questo periodo sono disegnati da un calcare d'acqua dolce, ricco di pesci, di piante, di conchiglie terrestri e d'acqua dolce in gran numero.

La fauna e la flora del bacino di Teplitz accusano un clima mediterraneo, cioè un clima temperato. Alcune forme subtropicali però accennerebbero a un clima alquanto più caldo di quello che regna attualmente sulle coste del Mediterraneo.

960. Il *bacino di Falkenau* si dilata dai dintorni di Karlsbad sopra Falkenau fin presso Maria-Kulm. La serie antibasaltica si compone alla base di grès con sabbie e conglomerati. La ricchissima flora è riferita al *piano aquitaniano.* Il grès inferiore è coperto di altri grès, con argille, sabbie e ligniti. Lo spessore complessivo del deposito è di 120 piedi. I banchi di lignite, alternanti colle argille, variano di spessore fra i 3 e i 90 piedi. Talvolta gli strati sono inclinati in guisa da formare coll'orizzonte un angolo fin di 45°. La serie postbasaltica è qui pure composta di sabbie, argille, schisti argillosi, sideriti e potenti letti di lignite. Una potente formazione vulcanica separa questo piano superiore dall'inferiore. La flora della zona postbasaltica ha un'aria più recente, e si può ritenere contemporanea a quella di Oeningen.

961. Tra Eger a sud-ovest e Königsberg a est si distende il *bacino di Eger.* Qui non giunsero le roccie vulcaniche. Inferiormente abbiamo delle sabbie e delle argille, con potenti letti di lignite come nei bacini precedenti. Quegli strati sono distinti dalla solita flora oligo-miocenica. Gli strati presentano un'inclinazione fin di 30°. Vengono superiormente degli schisti e dei calcari, con conchiglie, crostacei (*Cypris*) e pesci d'acqua dolce, a cui si aggiungono le piante.

962. Un bacino somigliante a quello di Vienna, dipendente dallo stesso Oceano, benchè formasse un golfo a sè, è il bacino terziario di Magonza.

Questo bacino è limitato dalle catene del Taunus, dell'Odenwald, Schwarzwald, Vosgi, Haardt, Unsruck, spingendosi talvolta ben alto sui pendii di quelle montagne. Si distende da Landau a Bingen, lungo l'Haardt; da Geissenheim a Giessen, lungo il Taunus, e da Giessen a Darmstadt, e di là a Mannheim. Fridolino Sandberger vi riconosce, dal basso all'alto, la serie seguente:

a) Oligocene superiore. [1]

1.° *Sabbie marine.* — Sopra 214 conchiglie marine, che vi si raccolsero, 71 appartengono alle *sabbie superiori* del bacino di Parigi (§ 897). Sono dunque riferite a questo livello. Si aggiungono alle conchiglie coralli, crostacei, pesci e alcuni resti di mammiferi.

2.° *Argille a septarie*, con 28 specie di conchiglie marine e 120 foraminifere.

3.° *Marne a Cyrena.* — Sono sabbie e marne argillose con calcari e ligniti. Questa zona accusa l'incipiente prosciugamento del bacino, mentre alle conchiglie marine o d'acqua salmastra, che vi dominano quasi esclusivamente, si aggiungono talvolta conchiglie d'acqua dolce.

b) Miocene.

1.° *Arenarie a foglie.* — Trattasi di un deposito dello spessore di 250 piedi, composto inferiormente di conglomerati e di sabbie, superiormente di arenarie, ricche di una flora terrestre, avente la nota fisonomia della flora oligo-miocenica.

2.° *Calcare a Cerithium* e *calcare a conchiglie d'acqua dolce.* — Formazione calcarea e sabbiosa, ricca di conchiglie marine, riferibili a preferenza a tipi d'acque salmastre. In via affatto subordinata vi si presentano delle calcaree, ricche di conchiglie terrestri e d'acqua dolce, con resti di mammiferi.

3.° *Strati a Corbicula.* — È una formazione composta di calcareo, marne e argille, contenenti una miscela di conchiglie d'acque salmastre e d'acque dolci.

4.° *Calcare a Litorinella.* — Banchi calcarei di grande potenza, contenenti ancora qualche conchiglia caratteristica dei littorali marini, per esempio dei *Mytilus*, zeppi del resto di conchiglie terrestri e d'acqua dolce, e abbondanti di pesci, di rettili e mammiferi (*Hippotherium*).

---

[1] Nelle parti meridionali del bacino esistono alcuni depositi, riferiti all'oligocene inferiore.

5.° *Lignite* con strati a piante terrestri.

c) Pliocene.

Sabbie a ossami di Eppelsheim. — Questa zona è ritenuta universalmente come miocenica. Noi teniamo molto conto della opinione del Sandberger, per ciò che diremo più tardi circa i limiti del vero plioceno, il quale venne, a quanto ci pare, ingiustamente assorbito dal miocene in questi ultimi tempi. La zona in discorso consta di sabbie e di ghiaje dello spessore di 20 a 30 piedi, sparse abbondantemente di ossami di mammiferi. Si riconosce fra questi il *Dinotherium giganteum* (fig. 121), ed è appunto nel

Fig. 121. *Dinotherium giganteum* Kaup, ristaurato.

deposito di Eppelsheim che fu scoperta la magnifica testa di cui diamo il disegno (fig. 122). Vi si riconobbero inoltre il *Mastodon angustidens*, l' *Hippotherium gracile*, 5 specie di porci, 4 rinoceronti, 5 cervi, 4 tigri (*Felis*). Le sabbie di Eppelsheim hanno inoltre communi colle sabbie marine (Oligoceno N. 1) l'*Anthracotherium magnum*, assai probabilmente per effetto di un rimestamento di quell'antico deposito. Dividono poi col *calcare a Litorinella* il *Rhinoceros incisivus*, il *R. minutus*, il *Palaeomeryx minor* o l' *Hippotherium gracile*.

Fig. 122. Testa del *Dinotherium*

968. Il nord della Germania rappresenta un altro grande bacino terziario, che si riempiva contemporaneamente ai grandi bacini della Francia o della Germania meridionale e occidentale, a partire dall'epoca dell' eocene superiore, od oligocene, fino a quella del plioceno. Le formazioni terziarie coprono

tutta la bassa pianura germanica, la quale ha per confine i contrafforti del Riesengebirge, dell'Herzgebirge e dell' Haartz. La formazione terziaria non è però visibile che per brani, i quali traspajono qua e là per dissotto al *Lehm*, o fango d'età più recente, e alle sabbie e alle ghiaje quaternarie che formano il suolo di quella immensa regione. Benchè diviso a bracci, il terreno terziario permette di dividere il grande bacino del nord-Germania in un certo numero di bacini subordinati.

Si distingue dapprima un *bacino del basso Reno*, che si distende dal Wesel fino a sud di Bonn, riunendosi a nord e a ovest coi bacini del Belgio e dell'Olanda. Il bacino del basso Reno è marino nelle sue regioni esterne, cioè più vicine al mare; d'acqua dolce invece e ricco di lignite nelle regioni interne.

Si distingue in secondo luogo un *bacino Turingio-Sassone*. I terreni terziarî invadono fra Halle o Wurzen i dominî delle antiche formazioni, dilatandosi a sud sopra Lipsia, Altenburg fino ai dintorni di Werdau; a est sopra Grimma fino a Oschatz; inoltrandosi a ovest fin verso la Turingia. Presso Lipsia si trovano strati marini.

Un terzo bacino è quello *della bassa Slesia*, che, dai dintorni di Liegnitz e Breslavia, con una serie di depressioni lignitifere, si spinge fino a Neisse e Oppeln. Questo bacino non conta nessun strato marino.

964. La gran formazione terziaria della Germania settentrionale è del resto limitata a nord quasi ovunque dal mare del nord e dal Baltico, comprendendo l' Holstein e lo Schleswig: a ovest si continua col bacino belga-olandese: a est colle formazioni terziarie della Polonia e della Russia. Qua e là questo, che si può dire altipiano terziario, è interrotto dalla emersione di roccie più antiche.

A costituire questa grande formazione contribuiscono, presso che in pari grado, depositi marini, salmastri e d'acqua dolce. Nelle formazioni d'acqua dolce abbondano le ligniti. Trattasi in fino di un vasto littorale terziario, che si prolunga verso i grandi rilievi a mezzodì con una gran plaga maremmana. Si osserva infatti come le formazioni marine dominano a nord, tra il Vesel, Magdeburg, Lipsia e le coste del mare. Le formazioni d'acqua dolce invece dominano a mezzodì. Il confine sud delle formazioni marine, cioè la linea di demarcazione fra il littorale e le maremme, corre da Lipsia a Brandeburg; di là, a nord di Berlino, fino a Buckow; si ripiega quindi a sud di Stettino, girando a est, poi a ovest, verso le coste del Baltico. Le formazioni di acqua dolce, con depositi di lignite senza numero, che si tengono a sud di questa linea, vanno a fondersi con quelle della Prussia e della Polonia. Il bacino del nord Germania rappresenta in fine un dilatamento dei mari del nord verso i rilievi dell' Europa centrale durante l'epoca oligo-miocenica.

965. La stratigrafia del bacino germanico è molto incerta, secondo d'Archiac. La formazione inferiere, ossia il *nummulitico*, vi manca affatto. Tutte lo formazioni si riferiscone all'eocene snperiore o al miocene, infine alla grande epoca oligo-miocenica, di cui dobbiamò esserci ormai formato nn concetto. Non dnbito che più accurati stndî comparativi distingueranno anche dei depositi pliocenici. Non potendo far di meglio, segniromo il Naumann, il quale analizza le diverse formazioni distribuendole in tre gruppi. Il 1.° comprende le formazioni lignitiche, le quali in genere si deposero nelle acque dolci. Il 2.° riflette a parte la regione ambrifera, costitnente una rimarchevole specialità delle formazioni terziarie in Germania. Il 3.° gruppo finalmente abbraccia le formazioni marine.

966. Lo ligniti germaniche appartengono a diversi periodi. Le ligniti, associate a sabbie, ghiaje, argille, tripoli, calcari, marne, gessi, limoniti, vantano uno spessore di 10 a 20 piedi e talvolta si portane fino a 100 piedi. Esse rappresentano vaste maremme coperte di vergini foreste. I fiumi accnmnlarono grandi masse di legnami nelle lagune. Talora le depressioni del suolo richiamarono il mare entro le lagune, e strati marini vi si deposero. I vulcani, ardenti entro i confini maremmani, fecero la parte loro, e alla formazione lignitica si intercalarono tnfi e conglomerati trachitici. Lo spessore complessivo delle formazioni terziarie è certamente assai rignardevole: 600 piedi si assegnano alla sela formazione snperiore.

967. La flora della formazione lignitica, secondo Otto Weber, vanta 247 specie almeno, di cui 120 sono note altrove; 45 appartengono al Tongriano; 89 all'Aquitaniano; 72 al Magonziano; 56 alla formazione di Oeningen. Questa flora dunque ci conduce dall' oligocene fin verso il pliocene. Per metà qnelle piante appartengono a tipi tropicali o subtropicali; l'altra metà si potrebbe distribnire fra le regioni subtropicali e le temperate. Queste osservazioni rignardane il *bacino del basso Reno*. Le piante del *bacino Turingio-Sassone* appartengono di preferenza al *Tongriano* e all'*Aquitaniano*. Il *bacino della bassa Slesia* presenta due flore; l'inferiore riferita al miocene inferiore e medio, la superiore al miocene superiore. Ci troviamo dunqne appressimativamente al livello di Sinigaglia e di Oeningeu.

968. L'ambra, sparsa ovunque nel bacino germanico, anche nelle allnvioni superficiali, trovasi però come concentrata in una regione speciale, di cni diviene una eminente caratteristica. Qnesta regione è il *Samland*, cioè la penisola, che da Königsberg si avanza nel Baltico, fiancheggiata dalle due grandi lagune, il Frische-Haff e il Kurische-Haff. Le coste nerd di qnesta penisola sono formate da ripidi pendii, scalzati per di sotto continuamente dalla tempesta. L'ambra, smessa dall'impeto dell'onde da un profondo strato di sabbie, viene pei buttata snl lido.

969. Zaddach studiò nell'interno la stratigrafia della penisola. Trovò che sotto il livello del mare esistono delle sabbie glauconiche, annerite, a quanto pare, da particelle carboniose. Sono queste le sabbie ambrifere aventi uno spessore di 4 a 5 piedi. Il prezioso fossile vi abbonda così che sopra uno spazio di 50 a 60 tese quadrate *(quadràt-ruthen)* se ne raccolgono più migliaja di libbre. Si trovarono in quegli strati tronchi di piante e spoglie d'animali marini. A queste prime sabbie, così ricche di ambra, sovrastano altre, dello spessore di 75 piedi, che ne sono scarse. Seguono altri 24 piedi di sabbie, ove l'ambra si trova in piccoli grani; quindi altre ancora, associate ad argille e ligniti. In queste ultime sabbie l'ambra torna di nuovo ad abbondare talmente che vi si aprirono apposite miniere. Tutta la formazione descritta è d'origine lacustre, o piuttosto d'estuario; ma è ricoperta da uno strato marino, ricco di conchiglie, che si riconobbero appartenenti all'oligocene inferiore. Gli strati ambriferi sono adunque oligocenici.

970. L'ambra è indubbiamente d'origine vegetale; non altro che una resina fossile. Lo dicono chiaramente i numerosi resti di vegetali che vi si trovano impigliati, fra i quali si distinsero almeno 30 specie di pini. Lo dicono del pari gli innumerevoli insetti che vi traspajono conservatissimi, come da terso cristallo. Gli insetti determinati sorpassano il migliajo; 600 specie almeno appartengono all'ordine dei dipteri, cioè delle mosche. Agl'insetti si aggiungono aracnidi e miriapodi. Generalmente si attribuisce la produzione dell'ambra a una specie di pino fossile, che si chiamò *Pinites succinifer*; ma Göppert distinse almeno otto o nove specie di pini ambriferi. Tanta copia di resina fossile accumulata sulla sola area del Samland risponde benissimo all'ideale di quella vigorosa vegetazione, che ricopriva di vergini foreste le bassure oligo-mioceniche, e diede origine a quegli smisurati cumuli di lignite che formano una delle caratteristiche più saglienti dei terreni di quell'epoca.

971. Si dovrebbe dunque scoprire l'ambra nelle ligniti. Là vi si scopre infatti, tanto nelle ligniti di Germania quanto in quelle delle regioni artiche, formate nella stessa epoca, come diremo. La si scopre ugualmente nei terreni detritici dell'epoca, o in quelli che vi si formarono a loro spese in epoche più recenti. Si conoscono, per esempio, almeno cento località ambrifere nella Slesia. Nelle ligniti però l'ambra è assai scarsa. Questo fatto sembra contraddire all'opinione universalmente accettata dell'origine vegetale di questo fossile. Come mai scarseggerebbe in seno a quei cumuli, composti, almeno in parte, di quelle stesse piante che producevano l'ambra, e si vedrebbe abbondare invece negli strati detritici, ove le piante fossili non esistono che eccezionalmente?

972. La cosa si spiega benissimo quando si pensi che i grumi di ambra potevano essere trascinati dalle correnti al mare o ai laghi, ben lontano dalle selve, ove quella resina si generava. Bisogna sapere che l'ambra è appena più pesante dell'acqua, anzi galleggia assai facilmente nell'acqua in movimento. Così i grumi ambracei potevano facilmente essere salvi dall'attrito, e quindi venir fluitati in grossi pezzi, assai meglio e assai più lontano del legname, il quale facilmente si affoga e si guasta per via. Il gran deposito ambrifero del Sambland presenta molta analogia colle sabbie aurifere delle diverse regioni del globo. A vedere la quantità, relativamente enorme, di pagliette d'oro, che raccolgonsi dalle sabbie aurifere del Po e de'suoi confluenti, si direbbe che le Alpi, donde perviene il detrito, rigurgitano di oro. Ma tutt'altro. Sulle Alpi sono ben scarse le traccie del prezioso metallo. È da attribuirsi all'azione elettiva delle acque la separazione e la distribuzione del detrito, secondo il peso specifico dei singoli elementi che lo compongono. L'oro in grani dovette così, cogli altri minerali più pesanti, formare degli strati distinti. Ma chi sa quanto tempo ci volle e quale immensa massa di roccie venne elaborata, perchè in un luogo qualunque si formasse una sabbia aurifera? Noi raccogliamo nel palmo della mano forse il lavoro di molti secoli. Lo stesso dicasi delle sabbie ambrifere. Quanti secoli scorsi, quante foreste cresciute, sradicate, fluitate dalle correnti, perchè sul Samland si formasse un deposito ambrifero dello spessore di oltre un centinaio di piedi!

973. Abbiamo detto che l'ambra è prodotto dell'oligocene: quella però della Slesia è ritenuta più recente, riferendosi al miocene medio. Nessuna meraviglia di ciò, poichè sappiamo che la gran flora terziaria, da noi detta oligo-miocenica, si sviluppò appunto durante l'oligocene, il miocene e il pliocene, e come possiede alcune specie del terziario più antico, così ne vanta alcune che sono ancora viventi.

974. Il terzo gruppo delle formazioni terziarie del Nord-Germania si compone di depositi marini che appartengono primieramente a diversi periodi.

Si riferiscono all'*oligocene inferiore* le *sabbie di Magdeburg*, le quali coprono diversi lembi delle formazioni lignitiche già considerate. Quelle sabbie sono coperte da argille a septarie, presentando un complesso di quasi 200 piedi di spessore. Contemporaneo è il deposito marino di Latdorf, presso Bernburg, riposanti sullo ligniti a Helmstätd. La fauna contiene molte specie eoceniche, e vi si cita anche un *Nummulites*.

All'oligocene medio appartengono le sabbie di Stettino coi loro equivalenti. Trattasi di un membro importantissimo della formazione terziaria in Germania, molto esteso, e avente uno spessore di 100 a 150 piedi. La

base è composta di sabbie; la parte superiore di *argilla a septaria*, così chiamata perchè seminata di concrezioni calcaree, sparse di celle, le quali sono riempite di spato calcareo, di gesso o d'altri minerali. I fossili marini vi abbondano straordinariamente. Nell'oligocene superiore si collocano gli *strati di Sternberg*, sabbie, arenarie e marne ugualmente ricche di fossili marini.

Al miocene si ascrivono i depositi marini che formano il sottosuolo dello Schleswig e dell'Holstein, di là spingendosi a sud-ovest nel Lauenburg, nel Mecklemburg, fin nella Priegnitz, o ad ovest nell'Annover settentrionale, e attraverso l'Oldenburg fino in Olanda, non limitati che dalle coste del Baltico. Beyrich vi distinguo due piani. L'inferiore, sotto il nome di *pietra dell'Holstein*, è noto soltanto pei massi sparsi in quelle regioni, ricchi di conchiglie, che li sincronizzano col *sistema bolderiano* del Belgio (§ 937). Il superiore è costituito dall'*argilla micacea* (Glimmerthon), ricca di conchiglie, con uno spessore fin di 300 piedi.

975. Dalle regioni centrali e settentrionali d'Europa passando alle orientali, per giungere ai confini dell'Asia, troviamo, come abbiamo già detto (§ 952), che le formazioni del *bacino di Vienna* si spingono tanto verso oriente, che, non solo inondano l'Ungheria e la Galizia, ma si dilatano in tutta la Russia meridionale, e accennano di dilatarsi assai in Asia, mentre formano il sottosuolo della grande depressione Aralo-Caspiana. Il signor Suess[1] scrisse una Memoria interessante sopra l'estensione orientale degli strati marini e salmastri del *bacino di Vienna*. Gli strati marini, ossia i più profondi di esso bacino, si prolungano verso oriente, e compajono, per di sotto agli strati salmastri, in Ungheria, Galizia, Siebenbürgen, Podolia, Servia, precisamente come a Vienna. Più in là essi non si spingono nelle regioni del Ponto e del Caspio, ma si dilatano sopra Costantinopoli, verso l'Arcipelago greco, attraverso la Caria, la Licia, la Cilicia, la Caramania e le regioni superiori dell'Eufrate fin nello alture dell'Armenia. Di là discendono nelle depressioni mesopotamiche fin entro i domini del golfo Persico. Ben altrimenti si comportano gli strati salmastri del bacino di Vienna. Essi da principio corrono a oriente sopra gli strati marini; ma poi, dipartendosi dal Siebenbürgen e dalle regioni inferiori del Danubio da una parte, o dalla Bukowina dall'altra, attraversano la Bessarabia, la Crimea, e girando attorno al Caucaso e all'Usturt, si approssimano alle coste occidentali dell'Aral. La costanza dei loro caratteri petrografici e paleontologici è tale ovunque, che è necessario conchiudere essersi formati nello stesso gran mare, che il signor Suess chiama mare Sarmatico, dal

[1] *Anzeigen der Kais. Akad. der Wiss. in Wien*, 1866. — Naumann, *Lehrb.* pag. 258.

nome dell'antica *Sarmatia* che comprendeva una gran parte delle regioni accennate, ai confini tra l'Asia e l'Europa.

976. Errerebbe tuttavia assai lungi dal vero chi considerasse come contemporanei i terreni che coprono quella immensa estensione. Il Caspio e l'Aral (potremmo aggiungere il mar Nero e i mari del Nord) non sono che gli avanzi di questo *mare Sarmatico*, e ci danno già per sè stessi a divedere, che quell'immenso mare interno andossi mano mano restringendo, dall'epoca eocenica fino a noi, abbandonando sempre nuovi depositi fuori del perimetro del suo restringimento. Siccome un tale restringimento ebbe luogo (per rapporto all'Europa e all'Asia al di quà dal Caspio) da occidente a oriente; in questa medesima direzione troveremo succedersi i depositi dai più antichi ai più recenti. Gli studî geologici su quella immensa regione, benchè assai scarsi, prestano al supposto la conferma del fatto.

Abich, per esempio, distingue, sulle due penisole di Kertsch e di Taman, due gruppi; uno inferiore, a carattere più decisamente marino, e l'altro superiore, salmastro.

Il gruppo *inferiore* o *marino* consta alla base di argille schistose oscure; più sopra di argille gessose e di marne calcarse; quindi di argille schistose chiare e di marne; finalmente di marne calcaree e d'argille schistose e sabbiose, con masse di calcare a briozoi. Tutti i depositi abbondano più o meno di conchiglie marine.

Il *gruppo superiore* o *salmastro* si divide in due zone principali: inferiormente il così detto *calcare delle steppe*, vero impasto di conchiglie: superiormente i *Faluns*, composti di marne calcaree, di schisti marnosi e argille, coi caratteri di una formazione decisamente marina o d'acqua dolce. Il *calcare delle steppe*, che si dilata immensamente a oriente, a nord o a occidente, nella Volinia, Podolia, Bessarabia o nelle steppe dell'Astrakan, alle falde del Caucaso e all'ingiro del Caspio e dell'Aral, deve rappresentare qualche cosa di più recente delle formazioni terziarie della Germania. Lo riterrei pliocenico, e ne darò le ragioni più tardi.

977. I depositi miocenici, abbastanza ben caratterizzati nelle regioni di Europa confinanti coll'Asia, nol sono finora del pari entro i limiti dell'Asia stessa, benchè tutto ci conduca a credere che sianvi bastantemente sviluppati. Gli studi di Abich, all'ingiro del rilievo dell'Armenia, e particolarmente nel bacino dell'Araxes e alle falde sud-est dell'Ararat, come nella vallata superiore dell'Eufrate, ci hanno fatto vedere, dice D'Archiac,[1] che i calcari, le sabbie, le argille, i grès rossi e le puddinghe, con

[1] *Géologie et Paléontologie*, pag. 671.

ammassi subordinati di salo e di gesso, sormontando ovunque gli strati nummnlitici con tale concordanza cbe li farebbo pigliare come eqnivalenti dol gruppo lacustre oocenico dell'ovest, appartengono invece alla formazione terziaria media, così cho la discordanza fra lo duo formazioni, così decisa sui fianchi dei Pirenoi e dello Alpi, non è cbe un accidente locale, il qnalo scompare quando ci avanziamo verso l'est. Non solamente il terziario medio non si distinguo colà dall'inferiore per la sua stratificaziono; ma lo stesso terziario medio cessa dal distinguersi nettamento dal superiore, ossia dal pliocene, ancbe per la natnra dei fossili. I fenomoni vnlcanici che obbero lnogo nell'Armenia e nell'Asia minore durante i periodi terziarî e nei segnenti, hanno modificato profondamento i rilievi di qnella regione, portando i depositi fino all'altezza di 1500 a 1800 metri, o reso difficilo l'abbracciarli sotto un punto di vista gonerale. Gli strati terziarî non si coordinano punto, como si è visto specialmento in Francia e in Germania, agli attuali bacini idrografici, bencbè gli strati d'acqua dolco siano sviluppatissimi nelle parti centrali e occidentali dell'Anatolia e nella maggior parte dello isole che la cingono. I depositi marini nella Caria, nella Licia, nella Cilicia e nell'isola di Cipro, rappresentano assai beno l'orizzonte della molassa (miocene) sul contorno del Mediterraneo.

978. Nel nostro giro circum-mediterraneo, cbe ci recò fino nell'Asia occidentale, abbiamo lasciato da parte la regione peninsularo che si distende a mezzodì della grande depressiono miocenica germanico-russa, dalla quale è divisa dai grandi rilievi del Balkan. Abbiamo veduto come il miocene marino si arresti ai confini delle Alpi venete, e non invada nè l'Illiria, nè la Dalmazia. Aggiungiamo ora che il fatto pare rignardi, partendo di là, tutto il rilievo peninsulare fra l'Adriatico e il mar di Marmara. Lungo lo coste del mar di Marmara, dei Dardanelli, del mar Egeo e sul perimetro della Grecia continentale e del Peloponneso, il miocene è rappresentato soltanto, secondo il D'Archiac,[1] da depositi lacustri, con ligniti e vegetali fossili, come, per esempio, a Oropo e a Kumi. La flora di quest'ultima località, per esempio, è ricchissima.

979. Circa le sponde opposte del Mediterraneo non possiamo che ripetere ciò che abbiamo detto, sulla scorta del D'Archiac, parlando del miocene. Le coste dell'Africa fra l'istmo di Suez e lo stretto di Gibilterra, offrono ripetnta la serie dei terreni terziarî, inferiori, medî e superiori, osservata sulle coste europeo. Anche il miocene dunquo invado l'Egitto, l'Algeria e il Marocco, fin sullo coste dell'Atlantico.

980. Dipartendosi dallo grandi regioni circum-mediterranoo dell'Europa,

[1] *Géol. et Paléont.*, pag. 669.

dell'Africa e dell'Asia occidentale, troviamo che il miocene è pure altrove affermato, meglio che non dovremmo aspettarci da quella scarsità di notizie che si lamenta circa la geologia delle più lontane regioni. Lasciando per ora da parte l'America, come quella che presenta un sistema terziario molto differente dal sistema circum-mediterraneo, ci portiamo nell'Asia meridionale, seguendo anche qui le tracce del D'Archiac.[1] Alcuni strati marini che sormontano gli strati nummulitici nella parte sud della regione occidentale dell'India potrebbero forse riferirsi al miocene; ma il miocene indiano è piuttosto rappresentato da formazioni di acqua dolce. Anche alcune di queste, come abbiamo già detto (§ 928), appartengono all'eocene: ma in generale i depositi di sabbie, di grès, di conglomerati a essami, che sormontano ovunque gli strati marini nel bacino dell'Indo, segnano un'epoca novella, ben distinta dalla nummulitica. Io incline anzi a credere che i celebri strati a mammiferi siano, come quelli di Pikermi, da riferirsi al pliocene, o almeno che quegli sviluppatissimi terreni vadano ripartiti tra le due epoche, il miocene e il pliocene. Le colline Sewalik, costituite da questi terreni, si allineano lungo il piede dell'Himalaya, di cui formano una cintura continua, separata talvolta dalla catena, mediante valli ad essa parallele. Essi si sollevano fino a 1000 m. d'altezza, e gli strati, inclinati a nord-est, presentano le loro testate, che limitano con irte pareti le pianure del Gange. Una maravigliosa fauna di vertebrati, specialmente di mammiferi, mostra quale ingente copia di animali ricopriva le pianure che si distendevano in quell'epoca ai piedi dell'Himalaya. Scimie, cani, iene, elefanti, mastodonti, dinoteri, rinoceronti, tapiri, cavalli, ippopotami, porci, camelli, cervi, antilopi, buoi si disputavano le nuove terre che emergevano, e trovavansi a fronte di rettili mostruosi, dei coccodrilli, dei gaviali e della gigantesca tartaruga *Atlante*, che rivaleggiava di mole col più grosso elefante. Quella parte delle Sewalik che sorge fra il Gange e la Jumna non è altro che un immenso ossario: ma i resti di quella fauna si raccolgono anche a est nel bacino inferiore dell' Irawadi, nel regno dei Birmani, a ovest nell' isola di Perim, e nel golfo di Cambaye. La stessa fauna dunque, allora come oggi, si distendeva dalla parte orientale del golfo del Bengala fino al piede dell'Himalaya, sopra una linea di 1700 chilom., e di là in tutto il bacino medio e inferiore dell'Indo.

981. Ci restano ora a descrivere due immense regioni mioceniche, poste l'una a sud, l'altra a nord delle grandi regioni descritte fin qui; due regioni, che rappresentano, quasi in tutti i sensi, gli estremi del mondo conosciuto,

[1] *Géol. et Paléont.*, pag. 665.

e che si trovano nelle condizioni più opposte di clima, e per conseguenza di vita, nell'epoca attuale. La scienza deve aspettarsi grandi risultati dal confronto così inaspettato, che il geologo può istituire fra paesi miocenici, che si trovano gli uni sotto l'equatore, gli altri chiusi nel cerchio polare. Il confronto si stabilisce fra l'arcipelago equatoriale dell'Asia e le terre più lontane che cingono il polo artico. Le formazioni mioceniche, se bastano le notizie finora raccolte, hanno un grande sviluppo nell'arcipelago indiano. Esse furono riconosciute nelle isole di Sumatra, Giava, Lahnan, Celebes, Borneo, Timor, Nicobar; quindi, si può dire, in tutto l'arcipelago vulcanico dello Indie orientali, disteso precisamente sulla zona equatoriale, fra il continente asiatico e l'Australia. L'isola di Giava soltanto però fu sufficientemente studiata, e i terreni miocenici di essa possono ritenersi, con sufficiente probabilità, come rappresentanti dei terreni contemporanei, distesi sopra l'arcipelago formato di isole, le quali mostrano, sotto ogni rapporto, tanta analogia fra loro, che possono considerarsi come parti di un solo tutto.

982. I terreni terziarî occupano, secondo Junghuhn, i tre quinti dell'isola di Giava. Lo stesso vi distingue un *terziario antico* e un *terziario recente*.

Il *terziario antico* consta di una alternanza di argille, marne, arenarie e conglomerati di ciottoli vulcanici. Si riconosce, secondo Richthofen, che i vulcani prestarono il materiale anche dei sedimenti, che non si possono dire veramente vulcanici. Alternano coi letti rocciosi strati di lignite, taluni dello spessore di 3 a 6 piedi. Quelle ligniti si assomigliano qualche volta assai al carbon fossile. Sulla costa sud Junghuhn ne contò fino a 23 letti, alternanti cogli strati argillosi o arenacei, e sollevati fino alla verticale. La potenza del terreno terziario antico si misura direttamente fino a 1670 piedi; ma questa cifra può elevarsi fino ai 3000, partendo da certe osservazioni. L'elevazione degli strati marini tocca i 6000 piedi. Junghuhn non potè verificare su quali terreni riposi il terziario. Lo osservò tuttavia in quattro punti posarsi sopra una formazione vulcanica sviluppatissima, la quale sarebbe, secondo lui, un semplice interstrato terziario; accuserebbe cioè una eruzione o un periodo di eruzioni, che ebbe luogo durante il periodo miocenico. Dico durante il periodo miocenico, perchè l'eocene vi manca assolutamente, secondo Richtofen, che visitò l'isola nel 1861, e trovò che i fossili descritti da Junghuhn come nummuliti, sono invece orbitoliti.

Le ligniti, e le numerose piante terrestri accennano a formazioni lacustri o almeno maremmane. Si scoprono tuttavia strati schiettamente marini. Siccome questi riposano sugli strati a ligniti e a piante terrestri, bi-

sogna dire che durante l'epoca miocenica ebbe luogo su quell'area un abbassamento. Il complesso di quei terreni fu poi sollevato in epoca più recente. Presso Dugn, p. es., si trovano delle ligniti a 580 piedi sul livello del mare; 390 piedi più in su si scoprono gli strati a piante terrestri. Se si ascendono altri 940 piedi si trovano strati ricchissimi di conchiglie marine.

983. Dallo studio delle conchiglie marine, sembrò a Jenkins di poter conchiudere che gli strati di Giava sono un equivalente del bacino di Vienna. Tuttavia Deshayes, su 20 conchiglie da lui esaminate, trovandone 10 che appartengono a specie viventi nell'Oceano Indiano, conchiuse che quegli strati dovevano ritenersi pliocenici. Junghuhn vi raccolse all'incirca 500 specie fra conchiglie, coralli, echini, foraminiferi. Io non dubito che ulteriori studi proveranno doversi quella massa enorme di strati terziarî ripartire sotto diversi orizzonti. Intanto se è un fatto generale questo, che le piante terrestri si trovano, come abbiam detto, sotto gli strati marini; la flora terziaria di Giava può quasi con certezza riferirsi al miocene. È in questo supposto che essa acquista una speciale importanza.

Göppert vi distinse 74 specie. I tronchi si riferiscono a dicotiledoni, mancandovi le conifere, le palme e le felci arboree. Quanto alle foglie, trovano tutte, secondo Göppert, una forma analoga nella flora vivente nell'isola; anzi molte specie sembrano identiche alle viventi. Resta stabilito a ogni modo che la flora terziaria di Giava, probabilissimamente miocenica, ha la massima analogia colla flora attuale dell'isola, e vi accusa condizioni climatologiche probabilmente identiche alle attuali.

984. Il *terreno terziario recente*, stabilito da Junghuhn, appartiene al *pliocene*, e forse a un periodo più recente, come diremo nel capitolo seguente, ove ci riserbiamo di descriverlo.

985. Riassumendo, gli studî sui terreni terziarî di Giava mettono in chiaro il fatto, che, nel mezzo o verso la fine dell'êra terziaria, le condizioni climatologiche dell'isola, quindi della zona equatoriale, erano già a un di presso come al presente. Questa uguaglianza di condizione, sta pei mari del pari che per le terre. Analoghe, e in gran parte identiche alle viventi, erano in fatti tanto le piante terrestri, quanto le conchiglie marine. Questo fatto, a prima vista inconcludente, acquista un valore smisurato, se confrontiamo il miocene equatoriale col miocene polare. Chi parte oggi da Giava per giungere alle regioni artiche, vede da prima a poco a poco scemare lo splendore e la varietà della vegetazione. Le regioni temperate gli debbono già sembrare deserte, benchè coperte di verzura e ombreggiate da folte foreste. Ma ecco più in là le foreste si diradano, gli alberi intisichiscono, poi scompajono, non sostituiti che da radi cespugli. Intanto le nevi si sono abbassate, i ghiacci discendono fino alle spiaggie;

la terra, che ancora non ne è invasa, si va sempre più stringendo contro il mare: ormai essa è ridotta a lembi di littorali, che aspettano l'estate per far mostra di magri licheni. Ma eccoti il ghiaccio che discendo fino al mare a guisa di serrato mantello: il mare stesso è gelato: e terre e mari sono impigliati nella stessa ghiaccia, che distende su così vasta plaga un lenzuolo di morte. — Se potessimo rifare il mondo passato, quanto ci meraviglieremmo di trovare d'un tratto quelle terre convertite in una regione deliziosa, ombreggiata da vergini foreste, bagnata da un mare tepido e azzurro? Basterebbe per ciò il ritorno dell'epoca miocenica.

986. Gli studi di Heer furono specialmente rivolti, in questi ultimi anni, alla illustrazione di una splendida flora che rivisse, quasi per incanto, dagli strati delle terre ghiacciate che circondano il polo.[1] Risulta da quelle ricerche, a cui prese parte una schiera numerosa di arditi esploratori, che, nell'epoca miocenica, esistevano terre artiche rivestite di una rigogliosa vegetazione; che il polo era chiuso all'ingiro da vergini foreste, aventi ignoti confini a nord, mentre si fondevano a mezzodì colle vergini foreste delle regioni più temperate, che vedemmo colmare di ligniti le lagune e seminare di foglie e di ambra gli strati d'Inghilterra, della Germania, della Svizzera, dell'Italia, di tutta Europa, e diciamo anche dell'Asia e dell'America.

987. Le reliquie della flora artica terziaria furono raccolte, si può dire, in tutte le località più settentrionali all'ingiro del polo: in Groenlandia, in Islanda, nell'isola di Bären, allo Spitzberg, nella Siberia del Nord, nell'Arcipelago americano artico, nell'Aliaska, nelle Aleuzie, nel Kamtschiatka.

988. Cominciando dalla Groenlandia, l'isola Disko, sulle sue coste occidentali, trovasi ricca di strati di carbone,[2] i quali si scoprono più oltre sul continente fra il 70° e il 72° di latitudine. La natura di quei letti di combustibile in genere, richiama, le numerose formazioni lignitiche d'Europa, riferite all'epoca miocenica. L'epoca è del resto indubbiamente stabilita dalle piante fossili, di cui furono trovate ricchissime l'isola Disko, la località di Atanekerdluk, nella penisola di Noursoak, divisa dal continente per mezzo d'un grande ghiacciajo, sotto il 70° di latitudine. Le montagne, elevate fin 1000 braccia (ellen) sul livello del mare, constano di strati alternanti di lignite, fanghi e arenarie. Su 14 specie di piante, scoperte nel-

[1] *Flora fossilis arctica*, Vol. I, 1868 Vol. II, 1871.

[2] I letti di *carbone*, o di *combustibile*, che si accenneranno sovente in questi paragrafi, appartengono in genere alla famiglia delle ligniti. Offrono tuttavia molte varietà che interessano piuttosto la tecnologia che la geologia.

l'isola Disko, 8 appartengono al miocene inferiore d'Europa. Nella località di Atanekerdluk si raccolsero 73 specie, rappresentate per lo più da foglie, talora da frutti e da semi. La flora groenlandese numera in complesso 133 specie: 20 almeno di esse sono identiche a specie della media Europa, a specie cioè della molassa svizzera e di un gran numero di località di Germania e di Francia. È rimarchevolo principalmente il trovarvisi specie mioceniche dell'Italia settentrionale e centrale, p. es. di Cadibona, Torino, Chiavon, Novale, Sinigaglia, Val-d'Arno. Il deposito a piante mioceniche di Groenlandia, può stimarsi almeno dello spessore di circa 1100 piedi, e la formazione lignitica, stando a certi indizî, è distesa da ovest a est su tutta quell'immensa isola, che si può dire continente, e vi è sollevata fino a 3000 piedi sul livello del mare. Riposa immediatamente sopra le roccie cristalline o cristalloidi più antiche.

989. La piccola isola di Bären è posta al nord d'Europa, circa al 74° di latitudine. Consta di terreno carbonifero, o possiede calcari ricchissimi di fossili del *calcare di montagna*, ossia del *carbonifero inferiore*. Alcune arenarie però, con letti di combustibili, si sospettano mioceniche, stante l'analogia colle formazioni dell'istessa natura che si trovano nelle regioni settentrionali, nominatamente in Groenlandia e allo Spitzberg.

990. L'Arcipelago dello Spitzberg si dilata fra il 70° o l'80° di latitudine. È attualmente, come a tutti è ben noto, una terra di ghiaccio. Le isole ond'è composto l'Arcipelago, elevate fino a 5000 piedi sul livello del mare, sono le Alpi nè più nè meno, quando le Alpi si tuffassero in mare, fin là ove sorgono ricoperte di ghiacci e di nevi eterne. I ghiacciai dello Spitzberg discendono infatti fino al mare, nè la più calda estate vale a distendere uno strato di verzura sulla faccia desolata di quelle inospiti terre. La flora vi è povera o stenta, come quella che riveste le cime più elevate dell'Alpi. Eppure quella terra era, nell'epoca miocenica, una terra di vergini foreste.

991. Il miocene dello Spitzberg consta di arenarie con piante fossili e ligniti, e raggiunge uno spessore di 1000 a 1500 piedi. Potenti letti di lignite si mostrano sotto il 78° di latitudine. La località fossilifera più settentrionale è la Baja detta del Re (Kings Bay), sotto il 78°, 56' di latitudine. È qui che si scopre il monte del carbone, così detto pei letti poderosi di combustibile che vi si incontrano. Le spedizioni svedesi, dal 1858 al 1864, hanno fornito alla scienza i più preziosi particolari circa la costituzione del terreno miocenico in quell'Arcipelago così avanzato verso il polo. Presso il Capo Staratschin esso presenta, dal basso all'alto, la serie seguente:

1.° *Puddinga* con piante terrestri, e molluschi marini, riconosciuti da Mayor, come specie del periodo *aquitaniano*.

2.° Grès alternauti con schisti neri, non ricchi di piante.

3.° Siderite, o ferro spatico sedimentare, zeppo di piante fossili.

4.° Arenaria micacea, con 30 specie di piante terrestri, fra le quali osservossi un rizoma di pianta acquatica, cioè di Ninfea.

5.° Schisto bituminoso, o piroschisto simile al *Boghead*, straricco di piante fossili. Ne contiene almeno 96 specie, ed Heer potè determinare 75 specie di semi o di frutti.

992. Le piante raccolte nelle diverse località dello Spitzberg sono 132, distribuite in 38 famiglie. Vi si contano almeno 14 specie di abeti e 12 di pino: 11 specie appartengono alla flora miocenica della Svizzera, 8 a quella d'Italia, 2 a quella di Kumi (Grecia ecc.). In complesso sono 24 le specie che il miocene dello Spitzberg possiede in comune col miocene del continente europeo, e appartengono al miocene inferiore, cioè all'aquitaniano.

993. La flora miocenica si distendeva fin nella Siberia del Nord, tra il 71° e il 74° di latitudine. Il miocene, colla fisonomia già dipinta, straricco di piante terrestri e di letti di combustibile, vi è già indicato in più luoghi. Sulle sponde del Lena appajono immensi lotti di lignite, partendo dai dintorni del fiume Batbia (100 verste sopra Jakutzk) e arrivando al mar glaciale sopra una linea di 1800 verste. Nei dintorni di Jakutzk riposano sopra l'arenaria del terreno carbonifero. Le stesse ligniti riappajono più a sud, nella terra di Amur, che ha fornito una flora miocenica ricchissima. La stessa formazione si estende assai probabilmente fino alle isole della nuova Siberia, circa al 76° di latitudine, dove si scoprono, direbbesi, delle *montagne di legno*, affatto simili a quelle della terra di Bank, che verranno tosto descritte. Che le ligniti della Nuova Siberia appartengano al miocene, lo si desume dalla loro perfetta analogia con quelle delle località artiche, di cui l'epoca è con certezza determinata.

994. Le ligniti della terra di Bank, appena accennate, rivelano il miocene nell'arcipelago americano artico. Trattasi, come dissi, di vere montagne di legno o di carbone che trovansi all'estremità nord-ovest della terra di Bank, tra il 74° e il 75° di latitudine. Si possono noverare tra le meraviglie della natura, stando a ciò che ne riporta Mac Clure, che vi dimorò alcun tempo, durante la celebre spedizione (1851-1853) che conquistò alla scienza il passaggio nord dall'Atlantico al Pacifico. A lui si presentarono difatti diversi colli, alti circa 300 piedi, separati gli uni dagli altri dalle gole più pittoresche. Dalla sommità alla base il legname era abbondantissimo, e scoprivansi in più luoghi strati di alberi, sporgenti fin 14 piedi, così robusti, che più persone potevano mettervisi a cavallo senza che si schiantassero. Alcune miglia più lontano Mac Clure entrò

in una gola, che si internava qualche miglio, il cui lato nord, per l'altezza di 40 piedi, era composto ugualmente di una massa di legname. Amstrong, compagno di spedizione, dice che, internandosi di catena in catena, quei colli raggiungevano l'altezza di 600 a 700 piedi. A 300 piedi sul livello del mare, da un fondo fangoso, compariva il legname. L'impressione da lui riportata è che tutti quei colli fosser composti di legnamo misto a fango. I tronchi eran taluni neri, molli, perfettamente lignitizzati, taluni invece ancor freschi e duri. La limonite li impregnava sovente. Vi si scoprivano ghiande, e stroboli di pino abbondanti.[1] Fra i pochi saggi di piante fossili portati da quella lontana terra, Heer potè determinare un *Pinus Mac-Clurii*, molto affine al *Pinus alba*, vivente nel Nord-America, e 5 altre specie di conifere. La somiglianza di quelle piante colle specie mioceniche delle altre regioni artiche, depone probabilmente pel miocene.

995. Un gran deposito lignitico, con molti tronchi di conifere, si presenta pure presso il confluente dell'emissario del lago Bären col Mackenzie, nel nord-Canadà, sotto il 65° di latitudine. Sulle sponde del suddetto lago si osservano 4 strati di lignite, coperti da conglomerati o da arenarie. In una località particolare la lignite è ricoperta da un'argilla ricchissima di foglie. La formazione del resto si distende dal lago fino al Mackenzie, poi anche verso le Montagne di roccia, scoprendosi a Edmont sotto il 53° di latitudine, al Lago degli schiavi, sullo Smochyriorer, nell'Arkansas al 37° circa di latitudine e a 7000 piedi circa sul livello del mare. Si scopre anche nel distretto dell'Oregon, e si deve estendere a nord fino all'Oceano artico, ove in fatti gl'incendi sotterranei lo rivelano fra il Capo Bathurst e il Capo Parry.

996. Le stesse formazioni si distendono a sud fino alla penisola di Aliaska sulle coste nord-occidentali d'America. Una prima sezione del terreno miocenico è presentata dall'Isola Kuju. Esso terreno vi è per la maggior parte sommerso dall'alta marea, e presenta dall'alto al basso la serie seguente:

1.° Terriccio superficiale o torba per 15 piedi (deposito recente affatto superficiale).

2.° Conglomerato grossolano.

3.° Arenaria.

4.° Schisto grigio-nero argilloso con piante.

5.° Letto di lignite dello spessore di $^1/_2$ piede a piedi 7 $^1/_2$.

6.° Marna.

7.° Grès con impronte di piante.

---

[1] Heer, *Flora fossilis arctica*, pag. 21.

Alle piante resinose si associano una felce, un nocciuòlo e un castagno.

997. Altre due località presentano la stessa flora; una sulla costa nord-ovest della penisola Tschugotsk, al 59°, 21' di latitudine, l'altra più a nord, cioè al 60°, 9'. Nella prima di esse località il deposito riempie due specie di bacini, scavati nelle roccie eruttive (Felsitstein e Grünstein), e consta di una serie numerosa di strati orizzontali, con lotti di lignite dello spessore di 9 a 11 piedi. Le piante fossili si raccolgono quasi alla base della formazione, unitamente a conchiglie di acqua dolce (*Melania*, *Paludina*, *Unio*). Trattasi dunque di un deposito di acqua dolce, cioè del riempimento d'un lago. Le piante stesse appartengono in parte a specie d'acqua dolce. Quanto alle piante terrestri, se ne numerarono 44 specie: sono cipressi, abeti, pioppi, faggi, castagni, quercie, noci ecc. Il secondo dei depositi accennati è simile al primo, e contiene anch'esso ligniti e piante fossili. È cosa meravigliosa davvero il trovare come in una località, la quale trovasi divisa dall'Europa nientemeno che per mezzo d'un oceano e d'uno smisurato continente, prosperasse in quell'epoca una flora tutta europea. Su 56 piante, raccolte nelle tre località descritte, se ne riconobbero 31 d'altre località mioceniche, e quasi tutte si ritrovano nel miocene d'Europa. Sono piante d'Islanda, Germania, Carinzia, Austria, Ungheria, Svizzera, Italia: sono piante di Kami, di Torino, di Sinigaglia.

998. La stessa flora si spinge ancora più oltre nelle regioni settentrionali del Pacifico e accenna d'innoltrarsi nel continente asiatico. La flora miocenica appare infatti anche nelle Aleuzie e nel Kamschatka. In quest'ultimo sito si raccolsero specie del miocene d'Aliaska. Sapendosi come l'istessa flora si mostri anche nelle steppe dei Kirghisi, d'onde passerebbe naturalmente alle già descritte località dell'Europa settentrionale; non si manca di nessun argomento per concludere, che una flora miocenica, rappresentata dalle stesse specie in gran parte, e nella sua quasi totalità dagli stessi tipi di famiglie e di generi, si distendeva nell'emisfero settentrionale, tutto all'ingiro del globo, avendo per limiti finora conosciuti, a sud i paralleli dell'Italia centrale o della Grecia, a nord i paralleli più avanzati verso il polo, probabilmente il polo stesso.

Quella flora era ricchissima. Essa è rappresentata, stando alle ultime enumerazioni di Heer, da 291 specie, 194 delle quali prosperavano nelle regioni artiche più avanzate. Quelle specie artiche sono per la maggior parte legnose. Questo carattere è presentato almeno da 128 specie, 78 delle quali sono piante d'alto fusto. La flora miocenica artica, trova i tipi che le corrispondono nelle attuali regioni temperate. Alle regioni temperate appartengono infatti gli abeti, che vi rappresentano l'essenza predominante, i cipressi, i platani, i salici, le betule, gli olmi, le magnolie, gli aceri, i

tigli, i noci, i pomi, i mandorli, lo eriche, le viti. Un gran numoro delle specie artiche entrano a comporre la flora miocenica delle attuali regioni temperate. Importa tuttavia notare che alla flora artica mancano le palme e i cinnamomi, cho, così sparsi nel miocene d'Europa, vi accusano indubbiamente un clima più caldo.

999. Resterebbe a sapersi come mai si formarono quegli ammassi di lignito, cioè quei cumuli di legname, così frequenti e poderosi nelle regioni artiche. Anche attualmente nelle regioni artiche si formano enormi ammassi di piante terrestri, in virtù delle correnti marine, che vanno pigliandole dalle coste più lontane. Abbiamo veduto come la corrente del golfo ammucchi sullo coste dell'isola Jan-Mayen, dello Spitzberg e della Siberia il legname rapito alle coste del nord-America,[1] e como si raccolga allo Aleuzie il legname della China e del Giappone.[2] La stessa Groenlandia, così ricca di legname miocenico, è ancora riccamento fornita di legnamo attuale per mezzo delle correnti marine. Secondo Rink la Groenlandia settentrionale ne riceve 20 klafter annualmente, e 200 la Groenlandia meridionale. Le correnti marine vi conducono (a quanto pare dall'America o dalla Siberia) tronchi della lunghezza fin di 20 braccia. Ma quei tronchi sono privi di frutti, sguarniti di foglie, scarsi di radici, e pesti e malconci. La flora miocenica artica non è solo in genere rappresentata da ammassi di lignite, ossia di legname fossile, ma lo è pure da alberi nella loro posizione normalo, da foglie conservatissime, di cui sono zeppi gli strati in cento località o da delicatissimi semi. Tutto infine ci assicura dell'esistenza d'una flora localo, varia, lussureggiante, capace da sè sola di dar luogo a qualunque più enorme ammasso di legname, senza bisogno di ripeterlo, como ora, da terre lontane.

1000. Forse però quegli ammassi di legnamo devono la loro origine ai fiumi che trascinavano le pianto dall' intorno. Bisogna però dire, anche in questo caso, che le piante non venissero da lontano, perchè, como nota Heer, i tronchi sono talora rivestiti dalla corteccia, più si trovano abbondantissimi, p. es., colle ligniti della Terra di Bank, stroboli di pini e ghiande di quercie. I laghi miocenici delle terre artiche si trovavano probabilmente nella condizione dei laghi attuali del nord-America. Si ricordi come i laghi Altahasca e dello Schiavo siano convertiti attualmente gran parte in depositi di lignite, per effetto del fiume Makenzie, che vi accumula il legname tolto alle boscaglie di più alte regioni.[3] La stessa terra di Bank era allora probabilmente, como la pensa Heer, unita al Canadà,

[1] Volume primo, § 363.
[2] *Ivi*, Nota al § 291.
[3] *Ivi*, § 362.

e si sarebbe quindi trovata precisamente sul corso del gran fiume citato, che poteva allora trascinare il legname alla terra di Bank, como lo trascina ora nelle regioni settentrionali del Canadà. Comunque sia la cosa, ripeto che la flora artica miocenica era assolutamente una flora locale, come si è precedentemente dimostrato.

1001. Ammesso pure che alcuni ammassi lignitici constino di legname trasportato dai fiumi, da luoghi più o meno vicini, io credo che in genere le ligniti siansi formate nell'epoca miocenica, al modo stesso dei letti di litantrace nell' epoca carbonifera. Sarebbero cioè foreste sommerse sul posto, per abbassamento di aree boscose e conseguente invasione del mare. La cosa pare evidente, p. es., per lo schisto bituminoso dello Spitzberg. Abbiamo veduto (§ 992) come sopra una puddinga marina sparsa di piante terrestri, che passa ai gres, con piante terrestri e piante di acqua dolce (*Nynphæa*), si trovi lo schisto bituminoso, ricchissimo di piante fossili, con semi e frutti in numero straordinario. Quello schisto si direbbe la conversione di un seno di mare, divenuto, per successivo riempimento, laguna d'acqua dolce e quindi torbiera. Il *Potamogeton Nordenskiöldi*, è affine al *P. natans*, le cui foglie si distendono galleggianti sulle acque. Studiando le affinità di altre piante, esse dovevano (è sempre Heer che discorre), incorniciare la lagona; altre crescere sul suolo paludoso, o tutto insieme formare una foresta. Intanto le parti più leggere d'altre piante venivano soffiate dai venti sulla laguna. Così si sarebbe formato sul fondo di essa un fango carbonioso, convertito in piroschisto. Ma venne il tempo in cui la foresta venne inondata, per abbassamento del suolo, convertendosi in quella lignite, la quale, come dice Heer, ricopre lo schisto.

1002. Nella citata località di Atanekerdluk in Groenlandia, tra il fango e le arenarie, che accompagnano le ligniti, trovansi veri tronchi, ancora nella loro posizione originaria, per cui si possono ritenere appartenenti a una foresta, cresciuta in luogo. Quei tronchi fossili si trovano a diversi livelli, come è il caso dei terreni carboniferi, p. es. degli strati che sovrastano ai letti di carbon fossile, al Treuil, presso Sain-Etienne (§ 472). Inglefield parla di una foresta pietrificata che si osserva in quella località a 1084 piedi sul livello del maro. Alcuni tronchi sono conservati quasi in natura. Gli altri conversi in lignite. Le foglie non solo, ma i semi, i frutti e fin gli insetti, che si presentano in Islanda, se non dicono precisamente foreste sommerse, a modo delle carbonifere, attestano almeno foreste cresciute in posto. Lungo le coste meridionali della Siberia si osserva una serie di colli, distesi sopra una linea di 5 verste, alti 30 faden, i quali sono composti di strati orrizzontali di arenarie, alternanti con letti di legni

bituminosi. Il legno fossile trovasi dovunque su quei colli. Qui dunque parlasi non di ligniti, ma di tronchi, anzi, vorremmo dire, di foreste, e di foreste che conservano ancora la loro stazione normale. Il supposto trova conferma nel fatto seguente, che è più particolarmente descritto nella *Flora artica* di Heer. Sulla cima di uno dei colli descritti si presenta una lunga fila di tronchi, simili a quelli che si osservano nell'interno dei colli. Quei tronchi sono infissi verticalmente nell'arenaria, sporgendo da 7 a 10 pollici alla superficie del suolo. Trattasi dunque indubbiamente di una foresta in posto, la quale, per trovarsi investita dalle arenarie, doveva pur venire precedentemente sommersa.

1003. Del resto la ripetizione dei letti di lignite, rappresentanti altrettante foreste, a diversi livelli sopra aree estesissime, in immediati rapporti con strati marini, come si spiegherebbe altrimenti che ammettendo la sommersione successiva di foreste cresciute sulla stessa area, al modo stesso che crebbero e furono sommerse le foreste del carbonifero? Nelle accennate condizioni si trovano le ligniti di Giava (§ 982), che si ripetono almeno a 23 livelli, in una pila di strati dello spessore di oltre 500^{m}, e sono coperte da strati marini; le ligniti di Groenlandia (§ 989) alternanti con fanghi e arenarie entro un deposito, che ha almeno quasi 400^{m} di spessore; i poderosi letti lignitici dello Spitzberg, ripetentisi anch'essi a diversi livelli entro una massa di quasi 500^{m}. Lo stesso dicasi delle *montagne di legno* della Siberia del nord (§ 993), o della terra di Bank (§ 994).

1004. Chiuderemo la descrizione del terreno miocenico artico, simile in tutto ai terreni miocenici lignitiferi d'Europa, riferendo come le ligniti di Groenlandia siano disseminate, talora abbondantemente, di grani di ambra della grossezza di un grano di miglio, o di un pisello. L'ambra della Groenlandia è perfettamente eguale, per la sua composizione, all'ambra del Baltico.

CAPITOLO XXV.

PLIOCENE.

EPOCA TERZA DELL' ÊRA CENOZOICA.

1005. Il pliocene si innesta talmente sul miocene, che torna difficile delimitarlo. Io penso che ne abbiamo già violato i confini, descrivendo come miocenici alcuni depositi, che dovranno alla fine ritenersi come pliocenici. Forse non può nemmeno distinguersi (come si è fatto per altri terreni che si succedono l'uno all'altro immediatamente) il pliocene dal miocene; e vi hanno tutte le ragioni per credere che il pliocene sia una continuazione del miocene, in un senso ancor più rigoroso di quello, per cui si è ammesso che non esiste mai una linea precisa di demarcazione fra i terreni d'un epoca, e i terreni di quella che immediatamente la sussegue. Il pliocene tuttavia ha i suoi rappresentanti tipici, riconosciuti universalmente come tali, a cui si potranno riferire a poco a poco gli altri equivalenti, meglio che non ci sia acconsentito dai limiti attuali della scienza. Ritengo però che tali incertezze non nuoceranno punto al concetto generale di quella grande epoca colla quale si chiude l'êra cenozoica, e che è caratterizzata principalmente dalla costituzione definitiva degli attuali continenti, la quale, al principio dell'êra neozoica può già dirsi, con leggiere restrizioni, perfetta.

1006. Il *terreno pliocenico* ha per sinonimo riconosciutissimo il *terreno subapennino.* Ciò vuol dire che il pliocene tipico per eccellenza si trova in Italia, ove costituisce fondamentalmente i primi rilievi che si allineano alle basi dell'Apennino, tanto a oriente quanto a occidente. I terreni di quelle colline, rigurgitanti di testacei fossili conservatissimi, furono i primi a chiamare l'attenzione degli osservatori, e diedero argomento alle speculazioni di una schiera numerosa di geologi italiani, durante il XVI, XVII e il XVIII secolo.[1] Sul principio del secolo XIX due opere veramente fondamentali vennero ad assicurare al subapennino il grado di *ter-*

---

[1] Vedi nel cap. VII la storia della Paleontologia.

reno tipico, cioè atto a rappresentare una certa epoca ben determinata nella cronologia stratigrafica. La prima fu la *Conchiologia fossile subapennina*, pubblicata dal Brocchi nel 1814, ove sono accuratamente descritte le conchiglie raccolte nelle argille e nelle sabbie subapennine di tutta Italia. L'altra è la grand'opera di Cuvier (*Récherches sur les ossements fossiles*), pubblicata nel 1821 e 1822, ove sono descritti i cetacei e i mammiferi, scoperti nei detti strati subapennini, e delineato uno spaccato del terreno subapennino nella classica località di Castel-Arquato nel Piacentino. È bensì vero che il Brocchi descrisse insieme le conchiglie degli strati pliocenici, con quelle che si riconobbero poi appartenere al miocene, il quale anche in oggi non si può dire ovunque nettamente distinto dagli strati più recenti. Non si può negare però che il pliocene avesse fin da quell'epoca acquistato, abbastanza ben decisa, la propria individualità, e che pertanto dovessero i geologi rivolgere ogni studio a cercarne gli equivalenti. Parmi invece che i geologi stranieri siano stati assai noncuranti di ciò ch'ora esatto dai principi più elementari del metodo geologico. Divenuti essi padroni del campo, pel decadimento della scienza geologica in Italia, pensarono a stabilire ciascuno la propria serie locale, dimenticando che il tipo del pliocene, era già splendidamente fondato nella Penisola. Il subapennino rimase, come si direbbe, un tipo nominale, e in luogo di servire come punto di ritrovo, trovossi quasi affatto isolato.

1007. Qui si verificarono, stando alle impressioni lasciatemi da' miei pochi studi, due fenomeni opposti. Gli stranieri, pigliando come punto di partenza terreni più antichi del pliocene, tenendo conto unicamente della graduale trasformazione delle faune e delle flore, per conseguenza del legame che stringe i più recenti agli strati terziarî più antichi, finirono a confondere il pliocene col miocene. In fatti leggendo gli autori, specialmente i tedeschi, mentre troviamo i terreni terziarî recenti occupare le parti depresse delle regioni circummediterranee d'Europa e d'Asia, a mala pena ci troviamo un equivalente del pliocene, un rappresentante di un'epoca immensa, affermata così chiaramente in Italia da una serie di strati, che sorpassa i 1000 metri di spessore. In Italia invece noi troviamo i geologi inclinati a riferire al terreno subapennino tutti i depositi più recenti, confondendo con esso dei depositi che vanno, per mio avviso, riferiti ai terreni quaternarî, ossia all'êra neozoica.

Io credo, dopo tutto questo, necessario, per ristabilire l'ordine, di prendere come punto di partenza il pliocene italiano, ossia il *terreno subapennino*, studiando da prima di ben delimitarlo, cercandone poi gli equivalenti in altri paesi, in base ai principî che regolano la stratigrafia.

1008. Il *terreno subapennino*, come fu inteso da Brocchi, Cuvier e Bron-

gniart, si compone di due zone. L'inferiore cousta di marne, o piuttosto di argille marnose, cioè alquanto calcaree, azzurre. La superiore è formata di sabbie, generalmente gialle. Le sabbie passano talvolta ai conglomerati, composti talora di elementi molto grossi, che accusano un'origine torrenziale. Assai più di rado si insinuano nella serie pliocenica i calcari. Il più classico esempio di questi è offerto dalla collina di San Colombano, ove si scopre un gran banco irregolarissimo di calcari, che si insinua fra le argille azzurre (per es. a San Colombano ove è sepolto sotto 8 o 10 metri d'argilla),[1] o si tiene ai confini tra le argille e le sabbie, come a Miradolo. Quanto ai conglomerati, che si sostituiscono alle sabbie, ce ne porgono un esempio i dintorni di Tabiano, ove i conglomerati, composti talora di ciottoli voluminosi, arrotondati e improntati, hanno un enorme sviluppo, e ricoprono le argille marine.

Lo spessore delle due zone sorpassa, come abbiamo detto, i 1000 metri. Quello delle sole marne o argille turchine, indicate col nome di mattaione, è approssimativamente di 7000 metri nel Modenese, stando al Doderlein.[2]

1009. La fauna subapennina è tutta marina: comprende però dei resti di di animali o di piante terrestri. La maggior parte dei fossili appartiene a specie viventi. Esse rappresentano il 60 per 100, secondo il citato Doderlein. Sono anche assai numerose le specie mioceniche, sicchè torna assai difficile la ricerca degli equivalenti, a chi si fondi unicamente sulla fauna marina. La flora delle argille è, secondo Heer, molto prossima a quella di Oeningen, e la flora delle sabbie a quella di Utznach. I vertebrati, in genere affatto proprî degli strati subapennini d'Italia, potranno certo servire a stabilire con maggiore certezza gli equivalenti. Per sventura finora sono piuttosto scarsi. Bisogna dunque ricorrere specialmente alla stratigrafia, stabilire cioè precisamente il livello, le condizioni, la natura, i rapporti stratigrafici del terreno subapennino, il quale deve rimanere irremissibilmente come tipo del terreno pliocenico, sicchè a lui si riferiscano, secondo i dati stratigrafici e paleontologici, gli equivalenti d'altri paesi. Io credo che la recente Memoria sulla formazione zancleana[3] del prof. Seguenza possa pigliarsi come base dei lavori di ristaurazione del terreno subapennino, che io credo dovranno farsi, necessariamente, per raggiungere lo scopo. Noi intanto la pigliamo per base della classificazione dei terreni pliocenici.

1010. I terreni terziarî in Sicilia si limitano ai più recenti. Il terreno num-

[1] V. la descrizione e gli spaccati della collina di S. Colombano nel Cap. V, § 72-75.

[2] *Atti del X Congresso tenuto in Siena nel* 1862.

[3] *La formation zancléenne, ou recherches sur une nouvelle formation tertiaire*, Bul. Soc. Géol. de France, Tom. XXV, pag. 465.

nulitico e gli oligocenici vi mancano (§ 920). Sopra le roccie più antiche, cioè sui gneiss, sui graniti, sulle filladi, o schisti argillosi, si adagiano immediatamente, in stratificazione decisamente discordante, gli strati che appartengono ai periodi terziari più recenti. In qualche località la base di essi è costituita dalla creta, anch'essa affatto discordante dai terreni sovrapposti. Ecco un primo spaccato teorico dei terreni terziari, presentatoci dal Seguenza, come rappresentante la serie ascendente delle montagne Peloritane presso Messina.

Terreni cristallini basilari. — Gneis e graniti.

Miocene (*Tortoniano* di Meyer).

1.° Conglomerati di ciottoli cristallini e gres.

2.° Argille lacustri e banchi di lignite.

3.° Argille marine.

4.° Sabbie.

Pliocene.

a. Piano Zancleano.

1.° Marne a foraminiferi alternanti inferiormente con sabbie.

2.° Calcari a coralli e brachiopodi.

3.° Marne sabbiose ricchissime di brachiopodi e foraminiferi.

b. Piani Piacentino e Astigiano.

c. Calcare a brachiopodi.

1011. Più completo è lo spaccato del versante occidentale delle montagne Peloritane, ove troviamo distinti i piani *piacentino* e *astigiano*, confusi in uno nello spaccato precedente.

Terreni cristallini basilari. — Gneiss e calcare cristallino.

Terreni cretacei. — Argille calcaree e marne alternanti.

Miocene (*Tortoniano* di Meyer).

1.° Puddinga.

2.° Sabbie e argille alternanti.

3.° Molasse.

Pliocene.

a. Piano Zancleano.

1.° Marne a foraminiferi.

2.° Calcari marnosi.

3.° Marne sabbiose.

b. Piano Piacentino.

1.° Argille.

2.° Calcare grossolano.

c. Piano Astigiano. — Sabbie gialle.

Terreni quaternari. — Sabbie, gres e alluvioni.

Il Segnenza divido dunque il pliocene in tre piani, cioè:

1.° Pliocene inferiore o piano *sancleano.*

2.° Pliocene medio o piano *piacentino.*

3.° Pliocene superiore o piano *astigiano.*

In fine, come ognun vede, i terreni ritenuti pliocenici dal Seguenza constano, como venne primitivamente riconosciuto, d'una gran zona argillosa inferiormente, o di una zona minore di sabbie superiormente: sono le argille turchine e le sabbie gialle note a tutti i geologi. Ma la zona delle argille turchine, talvolta meno uniforme nella sua composiziono litologica, è qui divisa in due, che sono il *zancleano* al di sotto e il *piacentino* al di sopra. Vediamo ora come si giustifichi la classificazione proposta dal Seguenza.

1012. Gli strati, riconosciuti come miocenici dall'autore, lo sono veramente, come quelli che contengono i fossili caratteristici del mioceno superiore. Cita fra questi i seguenti: *Sus Chœroides, Carcharodon megalodon, Lamna crassidens, Otodus sulcatus, Balanus tintinnabulum.* Le specie estinte rappresentano l'86 per 100. Il miocene superiore del Seguenza equivale al *Tortoniano* di Meyer, e rappresenta quella parte del terreno subapennino, che veniva originariamente confusa col pliocene.

Il pliocene comincia col *zancleano.* Nei dintorni di Messina è una formaziono calcareo-marnosa, uniforme, ma composta di diverse zone, cioè di marne bianche, ricche di foraminifere alla base, di calcari a coralli nel mezzo, e di marne sabbiose, giallastre, alla parte superiore. Benchè le tre zone siano distinte ciascuna da una fauna diversa, sono però naturalmente riunite sotto lo stesso orizzonte, sia litologicamente, stante il predominio del carbonato di calce, sia paleontologicamente, per un gran numero di specie che possedono in comune fra loro. Nel zancleano s'incontrano ancora molte specie mioceniche; ma prevalgono le specie plioceniche, quelle cioè che si incontrano negli strati superiori, ossia nel *piacentino*, cho rappresenterebbe il pliocene tipico. Il numero però delle specie estinte in confronto colle viventi è ancora dell'85 per cento circa; pareggia cioè il numero delle specie estinte del miocene superiore. Il Seguenza ci offre in proposito la seguente statistica: Le specie zancleane sommano a 504, delle quali 289 sono proprie del Zancleano, non essendosi scoperte finora in strati nè più antichi nè più moderni: delle 215 specie che rimangono, 131 furono scoperte nel *Tortoniano,* ossia nel miocene superiore di diverse parti d'Europa: 153 passano al *piacentino* e all' *astigiano*; 85 si conservano ancora viventi.

1013. Dalla specialità della fauna, e dall'abbondanza delle specie plioceniche il *zancleano* è meritamente sottratto al dominio del miocene. La

stratigrafia si accorda in ciò colla paleontologia. Il Seguenza rimarca infatti nna tal quale discordanza fra il miocene e il zancleano di Messina. Fra il primo o il secondo ebbe luogo dunque un' oscillazione, capace di alteraro profondamente le condizioni della superficie. Tale oscillazione è anche affermata dal fatto, che fra Ginmpeliere e Briga presso Messina, il zancleano marino riposa immediatamente sui gneiss e sui graniti. Questi dovevano dnnque essere emersi durante il poriodo mioceuico, o dovettero sommergersi poi, per venir ricoperti dai depositi zancleani. Anche nel Modenese, secondo il Doderlein, il pliocene si distingue assolutamente dal miocene superiore per la discordanza degli strati, come per la natura litologica e pei fossili.

Il pliocene medio, ossia il *piacentino*, è, come dissi, il pliocene tipo, rappresentato dalle argille turchine, potentissimo, straricche di fossili, che fiancheggiano costantemente l'Apennino alla base dei due versanti, e si prolungano fino al piede delle Alpi. Il pliocene superiore o *astigiano*, comprende le sabbie gialle, sostituite talvolta dal calcare sul versante orientale dello montagno peloritano. Le sabbie gialle costituiscono del resto, come le argille azzurre, una zona costante sui due versanti dell'Apennino fino al piede delle Alpi. Abbondano straordinariamente di fossili marini nel piacentino e nell' astigiano. Si calcola che su 100 specie di molluschi, 32 soltanto sono le estinte. Ritengo del resto che la zona delle sabbie giallo va studiata ancora partitamente. L' identità litologica tanto dello argille azzurre, che stanno sotto, come delle sabbie che stanno al di sopra, condusse troppo facilmente ad ammettero il sincronismo dei divorsi strati cho compongono quelle duo potentissime zone. Como si distinsero dne orizzonti nell' inferiore, si dovrà distinguerne più d' nno nel superiore. Vedrassi, non ne dubito, che alle sabbie gialle plioceniche sovrastano altre da riferirsi al periodo seguente, cioè al glaciale. Queste sono caratterizzate, come dimostreremo, dalla presenza di molti grossi mammiferi, tra i quali figura como principalissimo l'*Elephas meridionalis*.

1014. La classazione del pliocene, proposta dal Seguenza, s' accorda colle idee di Doderlein, il quale sostiene dividersi il pliocene in tre piani, distinti ciascnno da caratteri speciali. Anche Cesare D'Ancona distingue il pliocene d' Italia in tre piani, che si succedono in serie ascendente così:

1.° Argille compatte:

2.° Argille sabbiose:

3.° Sabbie gialle.

Aspettiamo che sia più inoltrata la pubblicaziono della sua splendida *Malacologia pliocenica italiana* [1] per apprezzare il valore di tale distin-

[1] È pubblicato il 1.° fascicolo in Firenze 1871.

z:one. Anche il Mayer, che aveva compreso tutto il pliocène nell'*Astien* (§ 892), distinse poi il pliocene superiore al *Tortonien* in *Plaisancien* e *Astien*. Nel suo *Tableau syncronistique*, pubblicato nel 1868, sostituisce il *Messinien* al *Plaisancien*, di cui il *Zancleano* di Segnenza è la parte inferiore.

1015. Converrebbo ora rivedere tutto il pliocene d'Italia, per suddividerne gli strati nei tre *piani* supposti, cosa che riuscirà certamente, stante l'uniformità quasi perfetta della gran zona pliocenica. Un primo tentativo è già fatto dall'autore della classificazione proposta. In Sicilia trova che sono da riportarsi al *Zancleano* le marne bianche di Caltagirone, ricche di foraminiferi e sviluppate principalmente nella provincia di Caltanisetta. All'istesso orizzonte riferisce gli strati di Altavilla presso Palermo.

Le formazioni della provincia di Reggio di Calabria debbono considerarsi come una continuazione di quelle di Messina. Anche là le formazioni terziarie riposano sui terreni cristallini o sulla creta. Vi si distinguono strati marnosi identici, pei fossili e per la natura delle roccie, al *Zancleano* di Messina. Tutto dimostra l'esistenza di un bacino *calabro-messinese*, circondato da montagne cristalline, formanti le vette d'Aspromonte da una parte, e la catena Peloritana dell'altra. In esso si deposero successivamente i terreni dal miocene al quaternario. Il *Zancleano* si presenta continuo, o perfettamente distinto dagli strati pliocenici medî e superiori, nella parte più meridionale della Calabria. Da Melito fino al *Salto della vecchia* gli strati zancleani sopportano un calcare simile a quello a brachiopodi di Messina, riferito all'*astigiano:* a Baronia sostiene le argille plioceniche. È sviluppatissimo alla vallo Ammendolea, fino a Calamitta, e alle valli di Vicia, mostrandosi di nuovo dal capo Palizzi fino al capo Spartivento, quindi in lembi isolati fino al capo Bruzzano. Da una lettera del signor Cosimo De Giorgi rilevo che il pliocene, sempre colle sue forme caratteristiche, continua sviluppatissimo verso nord, lungo i versanti adriatici, invadendo la provincia di Lecce. Colle argille azzurre, e colle sabbie gialle sovrapposte, sciolte o cementate, forma gran parte delle basse colline del Tarentino, e della vallata fra Taranto, Grottaglie e San Marzano. Continua a Francavilla, ad Oria, di qui dispiegandosi in guisa da coprire i piani di Brindisi, e la zona intermedia tra questa città e il mar Jonio. Ricompare verso il Capo di Leuca, riempiendo l'insenatura fra Nocighi o Montesardo e i due bacini di Taurisano e Taviano, divisi dalla collina ippuritica di Ugento. Da Taviano si prolunga fino a Gallipoli, con uno spessore di 50 metri. Dalla Provincia di Lecce passa nella provincia di Bari.

1016. Una serie molto rimarchevole presentano i dintorni di Roma. Le argille azzurre, molto sviluppate, compongono il sottosuolo, e sono indubbiamente plioceniche. Sulle argille riposa una massa potente di strati, alternanti o confusi, di sabbie e di ghiaje, d'indole decisamente littorale, constando di ciottoli affatto discoidali. Queste ghiaje, prive di fossili marini, sarebbero l'equivalente dell'*astigiano;* ma io ritengo che andranno in gran parte riferite al periodo glaciale. Una poderosa zona di tufi vulcanici ricopre le ghiaje, e rappresenterebbe un periodo di transizione fra il *glaciale* e l'*antropozoico*, rappresentatoci da altre ghiaje littorali, con elementi vulcanici, ossami abbondanti di mammiferi e oggetti d'industria primitiva. Ritorneremo più tardi sull'argomento. Intanto il Seguenza è d'avviso che almeno una parte delle argille, le quali rappresentano il *piacentino*, dovrà riferirsi al zancleano. Vi abbondano in fatti, come negli strati più recenti del zancleano messinese, i pteropodi e i rizopodi. Notansi fra i primi la *Cleodora vaticana*, e la *C. Riccioli*, cioè le due specie più communi nel zancleano di Notaresco (Abruzzi) e di Reggio di Calabria.

1017. In Toscana sono sviluppatissime tanto le argille azzurre, quanto le sabbie gialle. Il Seguenza addita il zancleano in certe marne presso Livorno, inferiori alle sabbie e alle argille, e contenenti le specie zancleane dell'Italia meridionale, come *Dentalium triquetrum* Br., *Limopsis aurita* Br., *Rhynchonella bipartita* Br. ecc. Sarebbero zancleane anche le così dette *crete sanesi*, cioè le formazioni argillose, che hanno così grande estensione a partire dalla base della collina di Siena. Soggiacciono infatti a una serie di strati alternanti marini e lacustri, illustrati da Mortillet, e riferiti da Mayer al Piacentino e all'Astigiano. L'abbondanza dei foraminiferi in quelle crete è un altro argomento per riferirle al zancleano.

1018. Il pliocene si presenta in tutta la sua tipica grandiosità nel Modenese. Abbiamo veduto come il Doderleín vi distingua tre piani. L'inferiore sarebbe da riferirsi al zancleano. La gran zona delle argille e delle sabbie continua ugualmente sviluppata nel Parmigiano e nel Piacentino, anzi è in questo regioni che i geologi primitivi riconobbero il tipo del pliocene. Oltre i numerosi testacei fossili, le argille azzurre del piacentino offrirono i celebri cetacei, illustrati da Cuvior, Cortesi e Balsamo Crivelli. Quei fossili formano l'ornamento principale del Museo civico di Milano: una balena (*Balænoptera Cuvieri* Cort.) quasi perfetta; due delfini (*Delphinus Brocchii* Bals. e *D. Cortesii* Bals.); oltre altri resti, principalmente mascelle di balene.

Nelle sabbie gialle si rinvenne il tipico *Rhinoceros leptorhinus*, e resti numerosissimi di *Elephas meridionalis*. Ma noi vedremo come gli strati,

distinti dalla presenza di quei grossi pachidermi, vadano riferiti al terreno glaciale. La zona pliocenica subapennina termina coi dintorni di Asti, da cui trasse il nome il più recente dei piani pliocenici. Il Seguenza vi riconobbe però dai fossili anche il piano zancleano.

1019. Basta del resto l'antica carta geologica d'Italia pubblicata da Giacinto Collegno [1] a darci un'idea adequata dello sviluppo dei terreni terziari più recenti nelle regioni subapennine. Benchè sianvi confusi sotto un colore uniforme i terreni che vennero ripartiti fra il miocene e il pliocene, noi possiamo comprendere tuttavia come quest'ultimo fiancheggi, con due zone parallele quasi continue, il grande rilievo lineare dell'Apennino, o ne formi le basi, a partire dall'estremità più meridionale della Sicilia fino alle Alpi, tanto dal lato del Tirreno, quanto dal lato dell'Adriatico, dove è anche più sviluppato. Quando si potessero esportare i terreni vulcanici e gli alluvionali, che si deposero in genere sul pliocene, si vedrebbe tutta quella parte d'Italia che è depressa sotto i 400 o i 500^m, comporsi, quasi letteralmente, di quella doppia zona di argille azzurre e di sabbie gialle. L'Italia dunque dilatossi circa per metà a spese del Tirreno e dell'Adriatico, che già la fiancheggiavano come penisola nell'epoca pliocenica. L'Adriatico principalmente, che si accostava allora alle più interne regioni dell'Apennino, doveva anche occupare tutta la gran valle del Po, insinuandosi fino ai piedi delle Alpi. Ciò si scorge a prima vista, appena si badi ai rapporti fra la grande pianura alluvionale del Po e i primi rilievi dell'Apennino, composti di pliocene, che la limitano a sud-ovest. Essa pianura in fatti non sarebbe che una porzione dell'Adriatico, rimasta ancora depressa sotto il livello a cui venne portato il littorale adriatico, ove si deposero le argille e le sabbie plioceniche. Se ciò è vero, come sembra, dovremmo trovare i depositi pliocenici sotto le alluvioni della pianura, fino al piede delle Alpi, e, ciò essendo praticamente quasi impossibile, dovremmo almeno trovare al piede delle Alpi una zona pliocenica littorale, che affiori, in continuazione colla zona subapennina. Si trova?...

1020. Si disputò assai sulle ragioni dell'assenza dei depositi pliocenici nelle regioni subalpine. Disputa inutile davvero, poichè il terreno pliocenico vi esiste sotto le stesse forme che nelle regioni subapennine, con questa differenza soltanto, che nelle regioni subalpine è in genere mascherato dalle alluvioni, assai più potenti alla base delle Alpi che ai piedi dell'Apennino; e dal terreno glaciale, nullo ai piedi dell'Apennino, enormemente sviluppato ai piedi delle Alpi. Il terreno pliocenico però, grazie

[1] *Esquisse d'une carte géologique d'Italie* par H. de Collegno. Paris, 1846.

alle erosioni, ebbe campo di rivelarsi in diversi punti che vanno ogni dì più moltiplicandosi col moltiplicarsi di più accurate osservazioni. I lembi pliocenici sotto le forme subapennine, benchè ancor scarsi, sono più che sufficienti a descrivere, come altrettanti capi stabili, quella zona che cercavamo, cioè la zona del littorale adriatico pliocenico che si svolgeva al piede delle Alpi. Nella seguente rassegna dei lembi pliocenici subalpini vedremo come essi segnino un littorale marino, a cui mettevano capo i fiumi alpini, formanti delle alluvioni, ossia dei delta pliocenici, i quali venivano avanzandosi, sovrapponendosi ai depositi marini. Così aveva principio fin dall' epoca pliocenica quel riempimento del golfo Adriatico, che troviamo ancora in rapido progresso alle foci del Po, il quale in sè raccoglie quasi tutti i confluenti subalpini o subapennini, unificando nel suo delta i molti che allora si tenevano distinti.

La collina di San Colombano, che si può chiamare l'avanguardia delle colline subapennine verso le Alpi,[1] ci mostrò già splendidamente questo avanzarsi delle alluvioni terrestri in seno al mare pliocenico (§ 72 e 75). Ma, per voler vedere come andava la cosa in grande, alla base della gran cerchia alpina, attraversata tutta la pianura, per guadagnare il piede delle Alpi, noi ci arrestiamo primieramente ai diutorni di Varese.

1021. Nel luogo detto il Faído, tra la città e il lago di Varese, ci si

[1] Gli strati marini di San Colombano, coperti immediatamente dalle sabbie quaternarie, rappresentano, a non dubitarne, un periodo recentissimo, forse l'ultimo dell' epoca pliocenica. Il banco di coralli, intercluso nelle argille azzurre è composto principalmente dalla *Cladocora granulosa* Goldf. Le conchiglie appartengono quasi tutte a specie viventi. Nella presente lista sono comprese le più comuni e caratteristiche.

Emarginula fissura, L.
Fissurella costaria, Bast.
Trochus miliaris, Brocc.
Turbo rugosus, L.
Haliotis tuberculata, L.
Capulus hungaricus, L.
Crepidula unguiformis, Lk.
Turritella communis, Risso.
Natica millepunctata, Lk.
Scaphander lignarius, L.
Cerithium scabrum, Olivi.
Chenopus pespelicani, L.
Murex exiguus, Doj.
Nassa semistriata, Brocc.
Mitra fusiformis, Brocc.
Cyprea elongata, Brocc.
Rhynchonella bipartita, Brocc.
Terebratula ampulla, Lk.
Anomia patelliformis, L.
Ostrea undata, Lk.
Pecten Jacobæus, L.
» *opercularis*, L.
Mytilus edulis, L.
Lithodomus lithophagus, L.
Arca barbata, L.
» *diluvii*, Lk.
Pectunculus glycimeris, L.
Chama gryphoides, L.
Cardium edule, L.
» *echinatum*, L
Isocardia cor, L.
Venus verrucosa, L.
» *casina*, L.
Corbula gibba, Olivi.
Saxicava arctica, L.
Clavagella bacillaris, Desh.

presentano, ricche di fossili subapennini, le argille azzurre,[1] precisamente come nelle colline subapennine. Sono un anello che riunisce il pliocene lombardo alle argille plioceniche sviluppatissime, che si trovano in Piemonte, a Borgomanero, a Maggiora, cioè nei primi rilievi subalpini al di là del Lago Maggiore. Appena a nord di Varese troviamo la celebre località della Folla d'Induno.[2] Le argille azzurre sviluppatissime, e ricche di fossili caratteristici, si distendono largamente lungo l'Olona. Scorgonsi superiormente le sabbie gialle o grigie, le quali, prive di fossili marini, ricche invece di pezzi di legno fluitati, accennano all'avanzarsi dell'alluvione. Il terreno pliocenico si distende quasi orizzontalmente sullo marne cretacee bianche, sollevate quasi alla verticale. Il tutto è ricoperto dal terreno glaciale.

A est dell'Olona il terreno glaciale è profondamente eroso dalla valle della Bevera, che si getta più basso nell'Olona, segnando una depressione che si perde a sud ai limiti della pianura. Il fondo di quella depressione è occupato in gran parte da potenti argille azzurre; ma la mancanza dei fossili ci impedisce di ascriverle con certezza al pliocene. Più a est le argille plioceniche con fossili marini appajono a Pontegana,[3] sotto Balerna, e le stesse argille, benchè finora inesplorate quanto ai fossili, furono recentemente verificate dai signori Spreafico e Negri in molti punti, in seno alla vasta depressione che separa le falde del monte Bisbino dai colli miocenici di San Fermo e di Camerlata.

---

[1] Le specie del Faido, determinate dal signor Spreafico, sono:

Ditrupa incurva, Renieri.	*Nassa costulata*. Brocc.
Dentalium inæquale, Bronn.	*Ostrea cochlea*, Poli.
Turbo rugosus, L.	*Pecten cristatus*, Bronn.
Turritella subangulata, Brocc.	*Arca diluvii*, Lk.
Cerithium scabrum, Olivi.	*Arca barbata*, L.
Typhis fistulosus, Micht.	*Venus cygnus* Lk.

[2] Le specie della Folla d'Induno sono ugualmente determinate dal signor Spreafico come segue:

Dentalium inæquale, Bronn.	*Pecten cristatus*, Bronn.
Capulus hungaricus, *L.*	» *De-Filippi*, Stopp.
Turritella subangulata, Brocc.	*Pinna pectinata!* L.
Natica millepunctata, Lk.	*Nucula placentina*, Lk.
Nassa costulata, Brocc.	*Arca diluvii*, Lk.
Cassidaria tyrrhena, Chemn.	*Venus plicata*, Chemn.
Ostrea cochlear, Poli.	*Schizaster major*, Desor.

[3] A Pontegana abbiamo le seguenti specie, determinate come sopra: *Cassidaria tyrrhena*, Chemn., *Pecten De-Filippi*, Stopp., *Arca diluvii*, Lk., *Axinus flexuosus*, Mont., *Cytherea rudis*, Poli.

1022. Bisogna portarci fino ad Almenno, nella valle del Bremho, per scoprire nn lembo pliocenico più orientale, sotto le note forme del terreno snbapennino. Nel letto del torrente Tornago, confluente del Bremho, si scoprono, sopra lunga linea, lo argille azznrre, ricche di fossili marini pliocenici e le sabhie gialle. Anche qui, come alla Folla d' Indnno, il pliocene si adagia in istrati orizzontali sulle marne crètacee, sollevate quasi alla verticale, e formanti i primi contrafforti delle Prealpi. Le testate del calcare marnoso cretaceo, tntte traforate da conchiglie litofaghe, fra le quali si distingnono il *Lithodomus lithophagus*, indicano precisamente in quel pnnto la linea d'oscillazione tra l'alta o la bassa marea del marc pliocenico. [1] Gli strati marini pliocenici sono ricoperti da un conglomerato fluviale, ugualmento pliocenico, come diremo ben tosto.

Procedendo sempre a oriente, troviamo le argille azzurre e le sabhie plioceniche nella valle Seriana, lungo il torrentc di Nese. Questo lembo pliocenico già descritto nel *Dizionario odeporico* da Maironi da Ponte, offrl molluschi marini pliocenici al signor Curioni. [2] Ne verificai recentemente la giacitura conforme precisamente a quella del torrente Tornago. Le argille c le sabhie riposano sulle testate dei calcari marnosi cretacei, o sono ricoperte dal conglomerato pliocenico.

1023. La località più orientale, ove si rinvenne finora in Lombardia il pliocene marino, è la collina di Castenedolo [3] a snd-est di Brescia. Essa si può dir quasi nna ripetizione della collina di San Colombano. Alle argille plioceniche ricchissime di fossili si associano banchi di corallo. Sopra le argille marine si scoprono dei grès o sabbie indurite, e il tutto è ricoperto, come ad Almenno e a Nese, da un conglomerato.

1024. Vengo ora a parlare, come promisi, del conglomerato che io dissi pliocenico, e che ricopre gli strati pliocenici marini nelle valli del Bremho e del Serio. Questa forma litologica del pliocene non è ignota all'Apennino. Anzi si verifica in più luoghi il predominio dei conglomerati fluviali o fluvio-marini nella parte superioro del subapennino. Osservai, per esempio, come nn conglomerato fluviale a elementi grossissimi, composto di ciottoli e di massi arrotoudati e imprcssionati, si sostituisca alle sahhie gialle, e riposi snlle argille azzurrc, nei dintorni di Tahiano. Grès e con-

---

[1] Nelle argille del Tornago il signor Sprenfico indica le seguenti specie: *Eulima subulata*, Donavan., *Ringicula buccinata*, Renieri, *Nassa semistriata*, Brocc., *Corbula gibba*, Olivi., *Lithodomus lithophagus*, L., *Gastrochæna dubia*, Pennenl.

[2] Le specie di Nese, indicate come sopra, sono: *Turritella triplicata*, Brocc., *Nassa semistriata*, Brocc., *Arca diluvii*, Lk., *Schizaster major*, Desor.

[3] Specie indicate come sopra a Castenedolo: *Trochus fanulum*, Gmelin., *Trochus patulus*, Brocc., *Clanculus Jussieui*, Payr., *Cerithium crenatum*, Brocc., *Nassa reticulata*, L.

glomerati prettamente miocenici sono ancho sviluppatissimi nelle colline presso Voghera, per esempio a Riva-Nazzano.

1025. Ciò che può considerarsi ancora come accidentalo nell'Apennino, diviene invece principale nelle Alpi. Tutti, forse senza eccezione, i fiumi della Lombardia e della Venezia, prima di giungere alla pianura, vedonsi profondamente incassati in un conglomerato d'indole assolutamente alluvionale, a elementi talora fini, talora grossolani. Questo conglomerato in Lombardia chiamasi *ceppo*, distingnendosi col nome di *ceppo gentile* la varietà a fini elementi. Il ceppo è un conglomerato poligenico di ciottoli o di graui sabbiosi, a cemento calcareo, dovuto alla parziale soluzione degli elementi calcarei di cui è composto in gran parte. Si assomiglia molto al *Nagelfluh* (§ 938, 939), col quale, in difetto di dati sufficienti a fissarne l'epoca, l'aveva dapprima sincronizzato. Forma una specie di grande altipiano, che si dilata dal piede dello prime colline subalpine, composte in genere di strati eocenici o cretacei, a stratificazione discordante col ceppo. Questo altipiano si dilata verso sud, fino al limite settentrionale della pianura Lombardo-Veneta. Costituisce così una lunga zona continua, parallela allo Alpi, o ricopre, a stratificazione concordante, lo argille e le sabbie marine plioceniche, dove esse esistono, come abbiamo vedato, lungo il Tornago e il torrente di Nese, e a Castenedolo. Egli è poi ricoperto alla sua volta dal terreno alluvionale più recente o dal terreno glacialo. La sua origine fluviale è indubitata, e le roccie che lo compongono mostrano come egli derivi dalle Alpi, o meglio dalle Prealpi. In genere si può ritenere che sia stato deposto dagli stessi fiumi, che ancora in oggi traggono dalle Alpi gli elementi dolle attuali alluvioni. Vedremo tuttavia come non erano ancora formate lo grandi chiuse, ossia le valli, che stabiliscono la comunicazione fra la parte più centrale delle Alpi o la pianura e il maro. Per comprendere la formazione di questo ceppo dobbiamo immaginarci un gran delta, o piuttosto un sistema di delta torrenziali, che veniva mano mano formandosi coi depositi dei fiumi; scendenti dalle Prealpi, le quali fiancheggiavano immediatamente il mare pliocenico, come le montagne dell'Istria o della Dalmazia fiancheggiano attualmente l'Adriatico. Quel sistema di delta si andava avanzando, inoltrandosi dal piede dello Prealpi verso il mezzo del golfo, come ora il delta del Po si inoltra dai limiti della pianura verso il mezzo dell'Adriatico. Ma i fiumi alpini pliocenici, sboccando immediatamente dalle montagne in mare, vi deponevano un detrito grossolano d'indole torrenzialo; mentre le acque del Po, raccolte da tutti i confluenti, già liberi dal detrito grossolano ai limiti dell'alta pianura, non portano al mare che detrito fangoso. Quell'alluvione torrenziale copriva dunque il littoralo pliocenico, mentre più verso l'interno si deponevano

le sabbie o le argille, ove si moltiplicavano le conchiglie marine. Ma l'alluvione, sempre più avanzandosi, veniva a sovrapporsi alle argille ed alle sabbie marine che cedevano il luogo al ceppo. Il ceppo dunque è una formazione pliocenica, contemporanea delle argille e delle sabbie marine, a cui si sostituisce nei punti più avanzati verso le Alpi, ed a cui si sovrappone nei punti più avanzati verso la pianura, ossia verso l'antico mare.

Quanto ho esposto risulta evidente dalle recenti osservazioni da me eseguite in Lombardia, in compagnia del signor Spreafico, e dal professor Taramelli nelle provincie venete.

1026. Ritorniamo infatti alla valle del Brembo, ove istituii le principali osservazioni che servono di base alle mie deduzioni. Portandoci a Canonica d'Adda, noi troviamo il ceppo enormemente sviluppato al confluente del Brembo coll'Adda. L'Adda da una parte discende fra verticali pareti di ceppo, che raggiungono a Trezzo l'altezza di forse 60^m. Il Brembo discende ugualmente incassato entro la massa del ceppo, il quale offre tutte le varietà, per cui sono celebri le cave di Brembato. Il ceppo non lascia scorgere alla sua base altro terreno ed è superiormente coperto da alluvioni incoerenti. Così si arriva, sempre rimontando il Brembo, fino a Ponte S. Pietro. Un pochino in su, al luogo detto Ponte Briolo, affiorano, nel letto del Brembo, sotto al ceppo, degli strati, fortemente raddrizzati, inclinati però a sud, che hanno tutto l'aspetto delle nostre roccie nummulitiche. Succedono a questi, a stratificazione concordante, gli strati cretacei fino ad Almenno, quindi gli strati giuresi nell'interno della valle Brembana o del suo confluente la valle Imagna. Il ceppo continua, in zona compatta, ben stratificato, con decisa prevalenza di ciottoli calcarei, adagiandosi con lieve inclinazione sulle testate degli strati cretacei, come mostra la figura 123,

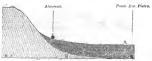



Fig. 123. Schizzo dimostrante la disposizione del *ceppo* nella Valle Brembana
A. Ceppo. — B. Strati eocenici, cretacei e giuresi.

finchè termina ad Almenno, contro il rilievo delle montagne, che si alzano improvvisamente con ardito pendio.

1027. Da quanto fu esposto risulta come il ceppo riposi a stratificazione discordante sopra terreni antichi almeno quanto l'eocene. Ciò sarebbeci riuscito ancor più evidente se avessimo rimontato l'Adda invece del Brembo mentre avremmo visto il ceppo appoggiarsi quasi orizzontalmente sugli strati nummulitici raddrizzati che formano il Monterobbio fra Brivio e Paderno sulla destra del fiume. Siccome poi il ceppo, nella località or ora indicata, sottosta al terreno glaciale, non può essere che mioceno o pliocene. Per decidere se sia l'uno o l'altro bisognerebbe trovare il ceppo in concorso con depositi miocenici o pliocenici ben caratterizzati. Questo si verifica appunto, come abbiamo detto, nel letto del torrente Tornago, appena sulla destra del Brembo sotto Almenno. Partendo dal suo confluente nel Brembo, il Tornago è tutto incassato nel ceppo; ma, rimontando la corrente, ecco le sabbie affiorare sotto il ceppo, poi, sotto le sabbie, le argille azzurre, ricche di fossili marini pliocenici. In fondo al torrente, precisamente sotto Almenno, si presenta la serie espressa nella fig. 124. Alla

Fig. 124. Spaccato del terreno pliocenico nel torrente Tornago.

A. Calcari cretacei — B. Argille azzurre. — C. Sabbie. — D. Ceppo.

base i calcari marnosi cretacei, traforati dalle foladi, e raddrizzati fin presso la verticale: sui calcari si adagiano le argille azzurre marine, in strati quasi orizzontali leggermente inclinati a sud: sopra le argille vengono in strati

concordanti, le sabbie; sopra le sabbie, sempre concordante, il ceppo assai grossolano, e d' indole tutto torrenziale.

1028. Dunque il ceppo è postpliocenico . . . Dite semplicemente che il ceppo qui e altrove, per esempio a Nese (§ 1022), è superiore alle argille azzurre plioceniche: ma esso non è nè postpliocenico, poichè sottosta al terreno glaciale: non è nemmeno, considerato nel suo complesso, più recente delle argille azzurre, perchè ordinariamente, come esse argille, riposa immediatamente sugli strati raddrizzati della creta.

1029. Ciò infatti si verifica ovunque, come abbiamo detto, nella valle stessa del Brembo. Portiamoci per esempio sulla sinistra del fiume, quasi rimpetto alla foce del torrente Tornago. La fig. 125 mostra i precisi rapporti del ceppo

Fig 125. Ceppo grossolano sulla creta sotto Paladina alla sinistra del Brembo.

cogli strati cretacei raddrizzati sopra una piccola porzione della sponda, in forma di terrazzo, sotto Paladina.

Gli strati cretacei sono sollevati come mostra la fig. 125. Più facili al l'erosione che non il ceppo, vennero scavati per di sotto ad esso, sicchè il ceppo sporge a foggia di gronda. Le testate degli strati cretacei sono a spigoli vivi, senz'alcun indizio di erosione. Il ceppo riposa sopra di loro così immediatamente, che i ciottoli si insinuarono in tutte le angolosità delle testate, e sulla superficie inferiore della gronda sporgente veggonsi improntati gli strati cretacei, come le tavole dell'armatura sotto una vôlta appena disarmata. Qui dunque il ceppo sta precisamente al posto delle argille del Tornago, ed è quindi equivalente, contemporaneo ad esse, cioè è pliocenico. Si potrebbe pensare che le argille plioceniche occupassero dapprima il posto del ceppo, venissero quindi esportato da una corrente, che loro sostituiva il conglomerato fluviale. Ma il supposto è inammissibile. Come mai la corrente, che qui esportava interamente le argille e le sabbie plioceniche, mettendo a nudo gli strati sottoposti sopra una estensione immensa, senza lasciare nessuna traccia del deposito preesistente,

come mai, dico, avrebbe potuto rispettare tanto spessore di argille e di sabbie nel Tornago, cioè alla distanza di un chilometro o poco più? Le testate della creta non offrono, come dissi, il minimo indizio di erosione; esse inoltre non sono punto traforate dai litofagi, mentre lo sono in modo maraviglioso sotto le argille del Tornago. Bisogna dunque dire che tanto le argille marine del Tornago come i conglomerati fluviali del Brembo si deposero immediatamente, e contemporaneamente alle argille marine ed alle sabbie, sulle roccie sollevate dalla creta; che pertanto e argille, e sabbie, e ceppi costituiscono una sola e medesima formazione pliocenica, composta di strati che si deposero successivamente, diversi per natura, secondo la diversità delle condizioni, in cui furono generate. Tutto in fine si spiega assai facilmente, ammettendo quanto abbiamo esposto circa le condizioni delle regioni subalpine nell'epoca pliocenica. Il littorale pliocenico era costituito dagli strati sollevati d'epoche anteriori. Il mare si distendeva fino a un certo limite, che è segnato dalle argille o dalle sabbie marine. Lo stesso littorale, oltre i confini del mare verso le Alpi, veniva coperto dalle alluvioni torrenziali, cioè dal *ceppo*. Le conchiglie marine vivevano in pace a breve distanza dal lido, e abbandonavano le loro spoglie fra le argille e le sabbie, che si venivano sovrapponendo, mentre le alluvioni terrestri si accumulavano sul lido in forma di delta. Ma i delta torrenziali si avanzano, invadono i dominî del mare. L'alluvione, ossia il ceppo, si sovrappone alle sabbie ed alle argille marine, come vediamo nel letto del Tornago. In fine nella valle del Brembo si verifica il caso evidentissimo offertoci dalla collina di San Colombano (§ 72), dove assistemmo, per dir così, all'avanzarsi entro mare della corrente di terra. Anche qui, come a San Colombano, l'avanzarsi della corrente di terra è accusato da parziali erosioni dei depositi marini. Infatti lungo il torrente Tornago gli strati di sabbia e d'argilla mostransi talvolta tronchi, evidentemente per effetto d'erosione fluviale.

1030. Io non dubito che, se ci portassimo più a sud, verso la pianura, troveremmo ovunque le argille e le sabbie plioceniche formare il sottostrato del ceppo. Ma non essendovi dei punti, ove l'erosione giunga a sufficiente profondità, non si potrebbe verificare il fatto, che praticando dei pozzi. Recentemente se ne scavò uno di fatti a Solbiate superiore. Traforato il ceppo, dello spessore di 45 braccia (circa 27 metri) s'incontrarono delle sabbie gialle, quindi delle sabbie argillose, abbondanti di pezzi di legno erosi, di conchiglie fluviali (*Bithynia*, *Valvata*, *Planorbis*) e contenenti una rotula di bue. Gli strati marini si sarebbero assai probabilmente incontrati più basso.

1031. Se il pliocene sotto la forma di conglomerato alluvionale si associa

alle sabbie od alle argille marine in Lombardia; di questo non si trova più verun indizio a est del lago di Garda, mentre la forma del ceppo perdura, almeno fin verso l'Isonzo. La Venezia era già fin dall'epoca pliocenica, anzi dalla miocenica,[1] una vasta regione littorale, ove si sfogavano i torrenti alpini. Le osservazioni del Taramelli, nelle regioni subalpine della Carnia e del Friuli, concordano pienamente con quelle da me eseguite in Lombardia. Se il ceppo, colà sviluppatissimo, non trova più di mettersi in rapporto con alcun lembo di plioceno marino, è però certo che esso formossi anteriormente all'epoca glaciale. Anzi esso venne sollevato anteriormente a detta epoca, partecipò al movimento, che causò la formazione delle grandi chiuse alpine: infine è pliocenico nè più nè meno del ceppo lombardo. Il signor Taramelli potè accertare nel Friuli i seguenti fatti, che io ho potuto verificare recentemente in sua compagnia. 1.° Il ceppo è spaccato parallelamente all'asse delle chiuse, per cui scesero gli antichi ghiacciai, come vedremo; è portato a 400^{m} e più sul livello del mare, e spostato dall'orizzontale in guisa che i suoi strati inclinano, da ambo i lati, verso l'asse della valle: 2.° il ceppo è arrotondato, come le roccie su cui passarono i ghiacciai, e coperto da morene. Il valore di questi argomenti, per dimostrare come il ceppo sia preglaciale, e quindi pliocenico, sarà meglio apprezzato dal lettore, quando sarà edotto dei fenomeni che caratterizzano l'êra neozoica, di cui ci resta ancora di intrattenerci nei capitoli seguenti. Avvaloreremo intanto quanto abbiamo esposto in via generale con un esempio, di cui il geologo non potrà sconoscere il decisivo valore.

1032. La figura 126 tolta da un disegno del signor Taramelli, rappresenta il lago di Cavazzo, che si trova a nord-ovest di Gemona. Questo lago occupa il fondo di una chiusa, ossia d'una valle profonda, diretta da nord a sud, parallelamente alla chiusa del Tagliamento, a cui si riunisce più basso nel Campo di Osopo. All'ingiro del lago si scopre un lembo di conglomerato alluvionale, ossia di ceppo pliocenico, che si leva circa 70^{m} sul livello del lago stesso. Il conglomerato è coperto dalle morene, ossia dal terreno glaciale, che riempiono la chiusa, e avrebbero dovuto colmare il lago stesso, se, come vedremo, il ghiaccio non ne avesse protetta la cavità. Il conglomerato è dunque anteriore al terreno glaciale. Ma lo stesso conglomerato, che rappresenta un'alluvione fluviale, per levarsi all'altezza di 70^{m} sopra il pelo del lago, avrebbe dovuto colmare il lago stesso che è profondo 120^{m}. Se ciò non avvenne, è segno che il lago non esisteva, quando formossi l'alluvione. Se esiste, gli è perchè il sollevamento, che

[1] È opinione del professor Taramelli che l'alluvione terziaria del Friuli sia cominciata col mioceno superiore.

portò ovunque tanto in alto i terreni pliocenici marini e terrestri, spezzò il conglomerato, formando la chiusa. Il ceppo del Friuli appartiene dunque, come il ceppo lombardo, all'epoca pliocenica.

Il disegno (fig. 126) presenta sul lido nel mezzo il villaggio di Somplago. Guardando a sinistra vedesi levarsi una rupe, a forma di torre,

Fig. 126. Lago di Cavazzo.

sormontata da una chiesa. Quella rupe è di ceppo, coperta da terreno glaciale, su cui è edificata la chiesa di Ceselans. Più a sinistra, in riva al lago, veggonsi gli arrotondamenti della dolomia del monte Faroppo, dovuti all'azione del ghiacciajo, il quale occupò il lago e depositò sul ceppo le sue morene.

1033. Stabilito in Italia il tipo del pliocene, vediamo di trovarne altrove gli equivalenti. La ricerca è oltremodo difficile. La vastità, l'universalità delle formazioni e delle faune delle epoche più antiche, facilitavano d'assai la ricerca degli equivalenti. Nei periodi terziarî invece i terreni sono estremamente frazionati e le faune accantonate. Bastavano da prima alcune specie a stabilire vasti orizzonti; ma i terreni terziarî vantano, in comune fra loro e coll'epoca attuale, un gran numero di organismi, i quali perdono per ciò ogni diritto a venir considerati come caratteristici. Aggiungi l'estrema confusione portata dalle false o dalle incomplete apprezziazioni dei geologi, principalmente per la tendenza già accennata a ritenere antichi dei depositi che sono assolutamente moderni. Farò dunque il mio meglio

nella breve rassegna degli equivalenti pliocenici, aspettando da ulteriori studî la conferma di ciò che prevedo non sarà così facilmente accettata dalla universalità dei geologi.

1034. Cominciando dall'Inghilterra, appartiene al pliocene il *crag di Suffolk.* [1] Esso è diviso dagli Inglesi [2] in tre piani, che si succedono, dall'alto al basso, così:

1.° *Crag corallino.* — Sabbie calcaree, calcari e marne verdastre, composti quasi interamente di resti di coralli con conchiglie marine. Ha uno spessore di circa 6^m.

2.° *Crag rosso.* — Sabbie, ghiaje, argille colorate dall'ossido di ferro e ricchissime di conchiglie marine. Spessore di 12^m.

3.° *Crag mammalifero.* — Consta di sabbie e di argille, con piccolissimo numero di conchiglie marine, ricche invece di conchiglie terrestri e d'acqua dolce, e d'una quantità straordinaria di resti di mammiferi.

Equivalenti del pliocene sono soltanto i due piani inferiori, cioè il *crag corallino* e il *crag rosso:* quanto al *crag mammalifero*, indicato anche col nome di *crag fluvio-marino di Norwich*, e di *crag di Norfolk*, deve indubbiamente riferirsi al seguente periodo glaciale.

1035. Nel *crag* di Suffolk sono straordinariamente numerosi i gasteropodi. Secondo Searles v. Wood: 9 specie sono eoceniche; 166 mioceniche; 96 plioceniche; 46 pliostoceniche, ossia appartenenti ai periodi posteriori al pliocene; 122 viventi. Questa statistica potrebbe far nascere il dubbio che il *crag* di Suffolk appartenga al periodo miocenico; ma le specie ascritte al miocene sono, come osserva Searles v. Wood, per la maggior parte viventi. La fauna di Suffolk si regge dunque fra il miocene più recente e l'epoca attuale, sicchè caratterizza assai bene come pliocenici gli strati che la contengono, divisi dagli strati di recentissima formazione per mezzo del *crag mammalifero*, il quale è caratterizzato da una fauna estinta di mammiferi terrestri. La fauna marina del *crag* di Suffolk presenta già, come il pliocene d'Italia, un *facies* tutto europeo, accennando a condizioni climatologiche prossime alle attuali. Vi mancano in fatti i generi *Conus, Oliva, Mitra*, *Fasciolaria*, *Crassatella*, ecc , proprî dei climi caldi, mentre vi abbondano a preferenza i generi caratteristici delle regioni temperate. Il genere *Lingula* però (*L. Dumortieri* Nysth.) ora confinato nelle latitudini più equatoriali, e la *Pyrula reticulata*, vivente ancora nell'Oceano Indiano, rivelerebbero un clima più costante e un po' più caldo dell'attuale.

1 Nome volgare delle sabbie conchifere nella contea di Suffolk, impiegate a fertilizzare le terre povere di carbonato di calce.

2 Searles v. Wood, *A monograph of the crag mollusca.* (Paleontogr. Society, vol. I, 1848.) — Davidson (Paleont. Soc., vol. VII.)

1036. Il pliocene occupa una grande estensione nel Portogallo, da Aveira a Coimbra e a Leiria, disperso a lembi sopra più antiche formazioni fra il Vouga e il Tago. Sulla sinistra di queste fiume il pliocene, disteso sopra una zona, che varia dalle 5 alle 10 leghe di larghezza, costituisce la vasta pianura sabbiosa nell'Antejo.

1037. Sommamente dubbiosi sono gli equivalenti del pliocene in Francia. Il dottor D'Archiac riferisce al *terziario superiore* le breccie fangose vulcaniche, e le alluvioni ugualmente vulcaniche di Solilhac, Pelignac, Le Cellat, Saint-Privat, Sainzelle, Vialette, Pichevieil, Coupet.[1] Al terziario superiore attribuisce ugualmente le *sabbie delle lande*, nei bacini della Garonna e dell'Adour; il calcare lacustre superiore e le sabbie gialle marine di Monpellier, e le marne azzurre di Beaucaire nel bacino di Perpignan, e i depositi argillosi superficiali del Delfinato contenenti *Mastodon arvernensis*, *Rhinoceros megarhinus* (Leptorhinus?), *Elephas meridionalis*. Io credo che gli studî in proposito vanno interamente riveduti tanto in Francia, quanto in Germania. Bisognerà finalmente addottare il principio che i *Dinotherium* ritenuti ancora generalmente come caratteristici del miocene, appartengono invece al vero pliocene, come meglio diremo più sotto, e che l'*Elephas meridionalis* e il *Rhinoceros leptorhinus*, ritenuti pliocenici, appartengono indubbiamente all'epoca glaciale, come dimostreremo nei capitoli seguenti. Come pliocenici dunque dovrebbero considerarsi tutti gli strati che in Francia contengono *Dinotherium*, e quindi, almeno parzialmente, gli strati del bacino superiore e inferiore della Garonna, i *Faluns* della Turenna, e le sabbie di Orleans, in quanto contengono i resti del *Dinotherium Cuvieri* Kaup.

1038. Come equivalente del pliocene si presenta nel Belgio il *crag d'Anversa* distinto da Dumont col nome di *piano scaldisiano*. La sua fauna marina si può dire assolutamente identica a quella del *crag di Suffolk*. Vi si nota l'abbondanza di cetacei, che è un tratto di somiglianza col terreno subapennino.

1039. Abbiamo già espressa l'opinione (§ 939) che gli strati di Oeningen appartengano al pliocene. Ugualmente come pliocenici, almeno come zona di transizione, debbonsi considerare gli strati del *piano elveziano*. Se ciò non fosse, quali sarebbero le formazioni che rappresentano nella Svizzera il periodo immenso, che corse tra il *miocenico*, cui vedemmo, e il *glaciale*, cui vedremo così potentemente sviluppati? Infatti il *Tableau synchronistique* di Mayer pone nel *messiniano* (parziale equivalente del *zancleano*) tutta la *molassa superiore d'acqua dolce* della Svizzera. Per sventura, essendo

[1] *Géol. paléont.*, pag. 645.

il *pliocene italiano* terreno in genere d'origine marina e il *pliocene svizzero* d'acqua dolce, non si può stabilire nessun confronto tra le faune. Le flore suppliscono, in questo caso, splendidamente. Le argille marine di Val d'Era in Toscana, appartengono, nessuno ne dubita, al pliocene. Or bene la flora di Montajone, appartenente al pliocene di Val d'Era, è ricca di 86 specie, di cui la metà è identica a specie di Oeningen.[1]

1040. Passando alla Germania, dove, per mio avviso, si attribuì una soverchia estensione al miocene, in cui il pliocene venne quasi interamente assorbito, io penso che l'orizzonte pliocenico debba avere per stella polare il celeberrimo *Dinotherium giganteum* Kaup, di cui abbiamo già offerto le figure (fig. 121, 122, § 962), che suole ancora riferirsi al miocene. Questo mammifero presenta ancora uno di quei tipi straordinarî, a cui la scienza trova così difficilmente un corrispondente nella fauna attuale. Cercava esso dapprima un affine nei cetacei, specialmente nei lamantini; ma trovossi in lontana parentela coi mastodonti e coi tapiri. Era un enorme quadrupede, munito di proboscide, e colla mascella inferiore armata di due robuste zanne, ricurve verso terra. Buckland assegna alla mascella inferiore circa 1,25^{m} di lunghezza. La testa misurava circa 1^{m}, 105, e la lunghezza totale del corpo era, su per giù, di 5, 50^{m}. La testa figurata fu scoperta, come dissi, a Eppelsheim nel 1836.

1041. Il *Dinotherium giganteum* si trova dubbiamente in diverse località del bacino del Rodano, che potrebbero per conseguenza venir comprese nel pliocene.

1042. Abbiam veduto come debbansi assai probabilmente ritenere plioceniche in Baviera le sabbie a ossami di Ulma, Ingolstadt, Dachau, Regensbourg. Nel bacino di Vienna ritengo indubbiamente pliocenici, come accennai, gli strati superiori del *gruppo marino* (§ 956), nei quali si sarebbero rinvenuti resti di *Dinotherium* o di rinoceronti. Ugualmente pliocenico deve ritenersi, come ugualmente accennai, il *gruppo d'acqua dolce*, ricco di una fauna di mammiferi, la quale richiama la fauna di Pikermi, che io considero come la fauna tipica del plioceno.

Il bacino di Magonza presenta, come abbiam detto, nelle sabbie di Eppelsheim (§ 962), uno dei lembi più tipici del pliocene. Bisognerebbe però vedere di segnare al pliocene limiti più certi, mentre alcuni resti di mammiferi, quelli per esempio di *Anthracotherium*, potrebbero indicare ancora gli strati miocenici. Anche Mayer riferisce al suo *Messinien* gli strati di Eppelsheim, come riferisce allo stesso piano, per me pliocenico, gli *strati* di *Inzersdorf* nella Bassa Austria, gli *strati di Billowitz* in Moravia, i *gres*

[1] Heer, *Recherches sur le climat*, ecc., pag. 71.

micacei a vegetali di Laubenheim, Bodenheim, ecc., le *sabbie a Dinotherium giganteum* presso Belémont nei Vosgi; la *molassa d'acqua dolce superiore* di Belèmont, Cornel, ecc.; la *molassa d'acqua dolce superiore* dell'Argovia, di Zurigo, di Stein, di Wangen, Ulma, ecc.; gli *strati a Congeria* del bacino di Vienna; gli *strati a Ceritii* dello stesso bacino, e gli equivalenti che si trovano in Ungheria, nella Podolia, nei dintorni del mar Nero, ecc. Le formazioni plioceniche della Germania vanno quindi a unirsi con quelle della Russia meridionale.

1043. Abbiamo veduto in fatti come i depositi equivalenti del bacino di Vienna si estendano ad oriento d'Europa su tutta la depressione aralo-caspiana. Abbiamo pure veduto come Abich, studiando il terziario recente sulle penisole di Kertsch di Taman, abbia trovato di dividerlo in due gruppi, l'inferiore o *gruppo marino*, il superiore, o *gruppo salmastro* (§ 977). Quest'ultimo è noto, ormai universalmente, sotto il nome di *calcare delle steppe*. Consta difatti di un calcare, il quale è un impasto di conchiglie marine con aggiunta di altri calcari e marne. Anche nelle due penisole citate si sovrappongono al *gruppo marino* marne calcaree, schisti marnosi, *faluns* con *Unio* e *Anodonta*, argille, strati di ferro limonitico, in fine una vasta formazione d'acqua dolce. Dalle penisole di Kertsch e di Taman il calcare marino si dilata largamente a ovest, a nord e a est, sopportando nella Volinia, nella Podolia, nella Bessarabia, nelle steppe del Ponto e dell'Astrakan, nei contrafforti del Caucaso e nei dintorni del Caspio e dell'Aral, la formazione più recente, detta *formazione aralo-caspiana*, che vedremo rappresentare l'epoca glaciale. Il *calcare delle steppe*, medio tra il *gruppo marino* miocenico e la *formazione aralo-caspiana* neozoica, rappresenterebbe il plioceno. Il calcare delle steppe si distinguerebbe assai bene dal miocene anche pel fatto, riferito da Abich, che quello ricopre questo in stratificazione discordante nelle vicinanze di Kertsch.[1] In fine gli strati miocenici o marini disegnano il gran mare Sarmatico (§ 975), che si distendeva sull'Europa e sull'Asia occidentale; il calcaro delle steppe

[1] Il signor Abich riferisce ancora al miocene il calcare delle steppe. La sua opinione potrebbe trovar sostegno nel fatto che le conchiglie di quel calcare, disteso sulle coste settentrionali del mar Nero, differiscono, secondo Verneuil, da quelle che vivono attualmente nello stesso mare. Di 70 specie, raccolte da Barbot di Marni, nessuna, a eccezione della *Dreissenia polymorpha*, vivrebbe nel mar Nero o nel Caspio. Le condizioni mutate dei due bacini, dall'epoca pliocenica in poi, potrebbero bastare senz' altro a dar spiegazione del fatto. Non si dice del resto che le specie del calcare delle steppe appartengano a una fauna più antica del pliocene. D'Archiac poi ci assicura (*Géol. et paléont.* pag. 670) che il *calcare delle steppe e di Odessa* è in gran parte composto di conchiglie analoghe a quelle che vivono attualmente nel Caspio, e presentano una miscela di univalve d'acqua dolce e di bivalve d'acqua salmastra (*Cardium, Mytilus*), communi nelle acque salmastre ed anche nelle acque dolci ai nostri giorni.

mette sott' occhio il prosciugamento parziale di esso mare, che aveva luogo nell' epoca pliocenica: la formaziono aralo-caspiana finalmente ci delinea i confini di un mare interno, il quale, ancor vasto nell' epoca neozoica, venne poi ridotto entro le anguste cerchie del Caspio e dell'Aral nell' êra antropozoica.

1044. Il rilievo peninsnlare, che si staccà a mezzodì delle grandi depressioni terziarie del Nord-Europa, era già quasi interamente prosciugato nell'epoca pliocenica. D'Archiac[1] indica tuttavia alcuni lembi pliocenici marini in Grecia. Classico invece, come formazione lacustre, è il bacino di Pikermi, nella pianura di Maratona, in vicinanza ad Atene. Quel bacino è riempito di un' argilla ocracea rossa, zeppa di ossami di mammiferi di ogni ordine, che ci danno una splendida idea della popolazione dell'Attica nell'epoca pliocenica. Ne diremo qualche particolare a miglior scopo più tardi. È molto probabile, stante l'analogia della fauna, che, come ho già accennato, siano da ritenersi come contemporanei all'ossario di Pikermi, quindi come pliocenici almeno in parte, gli ossari delle colline di Servalik, ritenuti miocenici, o come tali descritti più sopra (§ 980).

1045. La scienza non possiede del resto quasi nessun documento per riconoscere gli equivalenti del pliocene fuori d'Europa. Sappiamo soltanto che nell' isola di Giava, sulle formazioni mioceniche già descritte (§ 982) giace, a stratificazione discordante, un calcare compatto, con coralli e conchiglie marine, della potenza di circa 130 metri. È sviluppatissimo tanto sulle coste quanto nell' interno, e si innalza fin verso i 500 metri sul livello del mare. Naumann lo ritiene pliocene; ma non si hanno determinazioni di specie, e potrebb'essere anche più recente, mentre negli strati terziari sottoposti, s'incontra già un gran numero di conchiglie viventi.

1046. Nella rassegna dei terreni terziari non abbiamo compreso l'America. Il motivo di questa omissione sta in ciò che la serie americana può troppo difficilmente porsi a parallelo con quella del continente antico. Tutto ci dimostra come non dobbiamo ormai più cercare, coi soliti argomenti del geologo, la corrispondenza fra due regioni che si trovavano già ciascuna in condizioni affatto speciali, particolarmente per ciò che riguarda le formazioni marine. Il terreno terziario dell'America del Nord, dice D'Archiac, mostra una disposizione generale differente da quella riconosciuta per l'antico continente. Esso non occupa, come in Europa, i grandi bacini idrografici è disteso invece, dal lato dell'Atlantico (Massachusets) fino alla punta meridionale della Florida. Prolungandosi in seguito verso ovest, occupa il il bacino del Mississipi, a partire dalle foci dell' Ohio, e circoscrive il

[1] *Géol. et paléont.* pag. 679.

golfo del Messico. Nella Nuova-Jersey in una parte della Virginia, negli stati dell'Alabama, del Mississipi, dell'Arkansas, della Luigiana, del Texas, ecc., il terreno terziario, sempre orizzontale, ricopre le formazioni cretacee. Nel Maryland invece, e in una parte della Virginia, nelle due Caroline e nella Georgia, riposa immediatamente sulle zone primitive e granitiche, benchè non oltrepassi i 150 metri d'altezza. Terreni terziarî d'origine marina formano il lembo più avanzato della California e dell'Oregon dal lato del Pacifico. Sono indicati pure grandi depositi di acqua dolce, con ligniti, distesi sugli altipiani occidentali delle montagne di roccia, a nord e a sud dell' Alto Missouri.[1]

1047. Volendo, colla serie dei terreni terziarî d'Europa, parallelizzare la serie terziaria d'America, si trova non poco disagevole l'assunto. Dana riescì a stabilire, come meglio gli parve, il seguente parallelismo:

Eocene.

1.° inferiore Strati di Claiborne (Alabama) specie tutte estinte.
2.° medio " Jakson (Mississipi) "
3.° superiore " Vicksbourg (Mississipi) "

Miocene.

4.° Strati di Yorktown (Virginia); 15 a 30 per 100 di specie viventi.

Pliocene.

5.° Strati di Sumter (Carolina del Sud); 40 a 60 per 100 di specie viventi.

Gli *strati di Claiborne* sono immensamente estesi e sviluppati. Vi predomina la forma lignitica, con ricchissima flora. Gli *strati di Claiborne* che hanno uno spessore di 125 piedi e Claiborne, ne acquistano 2000 formando il gran gruppo lignitico del Missouri.

Gli *strati di Jakson* constano di argille lignitiche e di marne azzurre marine. Hanno uno spessore di 80 piedi. Abbondano di cetacei, il più comune dei quali è il celebre *Zeuglodon cetoides*, dai denti in forma di giogo (ζευγλου giogo οδους dente.) Misurava forse 70 piedi di lunghezza, e le sue vertebre, disseminate in copia strabocchevole nell' Alabama, vi offrivano il materiale per la costruzione dei muri. Se ne conosce una specie anche in Europa.

Gli *strati di Vicksbourg* vantano essi pure grande sviluppo ed estensione sotto forma sia marina, sia d'acqua dolce; quest'ultima vi ha sempre uno spessore incomparabilmente maggiore. Lo spessore totale è di 112 a 2000 piedi. All'*eocene superiore* si riportano approssimativamente, i letti a *Titanotherium*, detti altrimenti *letti del White River*, straordinariamente ricchi di mammiferi: jena, cane, pantera, due rinoceronti, diverse specie analoghe

[1] D'Archiac, *Géol. et Paléont.*, pag. 678.

al tapiro, al peccari, al daino, al camello, al cavallo, e quattro specie analoghe al topo. Il *Titanotherium Proutii*, analogo al tapiro, era grosso come un cavallo. Vi si rimarcano specie europee.

Gli *strati di Jorktawn* constano di arenarie e di schisti; vantano uno spessore di 1500 piedi; sono estesissimi e ricchi di fossili marini, fra cui balene, delfini, foche, ecc. È celebre il tripoli di Richmond (Virginia); un letto dello spessore di 30 piedi, composto di infusorî, specialmente di diatomee silicee, fra cui Ehremberg distinse circa 100 specie. Richiama i tripoli assai più famosi di Planitz in Sassonia, e di Bilin in Boemia, aventi fin 14 piedi di potenza, e deposti nell'acqua dolce.

Gli *strati di Sumter* sono poco estesi, e constano, come in Europa, di argille e di sabbie. Si scoprono nelle Caroline, e s'adagiano, a guisa di riempimento, nelle depressioni dei terreni terziarî più antichi e de'cretacei. Al pliocene d'America si riferiscono anche i letti d' acqua dolce dell' alto Missouri, meraviglioso cimitero di belve. Se ne annoverano 27 specie, e tutte estinte: *Rhinoceros crassus*, *Mastodon mirificus*, *giganteus*, *Elephas imperator*, il più colossale elefante che si scoprisse mai; camelli, cervi, cavalli, castori, porcospini, lupi, volpi, ecc. Ritengo però molto probabile che questi ossarî meravigliosi appartengano, come altri ossarî d' Europa e dell'America meridionale, all'epoca seguente.

1048. Ben poco ci è noto circa le formazioni terziarie nell' America meridionale. Nella Giamaica vi sono delle argille a piante fossili riposanti sulla creta a ippuriti, e riferite al terziario inferiore. Vi si indica anche un calcare, che avrebbe offerto due specie di mummuliti. Al terziario medio, ossia al miocene, potrebbero riferirsi le sabbie, le marne e i calcari dello spessore di 150 a 180 metri, sottoposti a un calcare bianco dello spessore di 600 metri che rappresenterebbe il pliocene.

Il vasto spazio, situato all'est delle Cordigliere, che comprende le provincie di Corientes, d'Enturios, dell' Uraguay, della Plata e della Patagonia fino alla terra del fuoco, offre estesissimi depositi terziarî, ricoperti, principalmente verso l' Atlantico, dal *fango dei Pampas*. Ma i loro rapporti sono affatto incerti. Dicasi lo stesso dei depositi terziarî, riconosciuti sulle coste occidentali dell'America del sud. I fossili del bacino della Plata e della Patagonia differiscono completamente, secondo D'Orbigny, dalla fauna attuale. Nessuna specie di conchiglia marina fossile sul versante occidentale della Cordigliera, vive attualmente sulle coste vicine. I generi poi s' incontrano ora ordinariamente in maggior vicinanza dell' equatore. Molti generi anzi mancano assolutamente nei mari vicini, o sono anche generi estinti. Tutto ciò darebbe argomento a credere che i terreni terziarî dell'America del sud siano almeno più antichi del pliocene.

CAPITOLO XXVI.

QUADRO RIASSUNTIVO DELL'ÊRA CENOZOICA.

1049. Siamo rimasti alla fine dell'êra mesozoica col nostro mondo quasi ancora interamento sommerso, con un clima universalmente caldo e uniforme, coll'estinzione di tutte le specie che vivevano nell'êra stessa o nelle precedenti L'êra cenozoica ci prepara una grande, radicale evoluzione del regno inorganico o del regno organico. Essa è l'êra della creazione dei nostri continenti, popolati di nuove faune, destinate a spegnersi, mentre i continenti rimangono ancora, teatro di ulteriori evoluzioni, fino a presente.

L'êra terziaria si chiude entro un giro assai più breve delle antecedenti. È però lunga abbastanza, perchè l'universale evoluzione del globo abbia tempo di compiersi, senza urti, senza cataclismi. I terreni terziari vantano infatti complessivamente uno spessore di 6000 a 7000 m.[1] Oltre allo spessore degli strati, ci prestano una misura del tempo le grandi cataste di lignite, residuo di vergini foreste, che crebbero l'una sopra l'altra come quelle dell'epoca carbonifera. Nel *bacino della Bassa Slesia* p. es. (§ 964) abbiamo uno strato di lignite dello spessore di 30 e fin di 50 piedi, sparso di tronchi enormi, perfettamente conservati. Sopra un tronco di *Pinites protolarix*, del diametro di 11 piedi, si contarono 2500 strati concentrici, cioè 2500 anni. Un tronco di *Cupressinoxylon ponderosum*, del diametro di 9 piedi, permise di numerare fino a 5000 anni.[2]

1050. Come l'êra mesozoica si chiude, così si apre la cenozoica. Il mare distende le sue onde sulle immense aree dei nostri continenti. La Spagna, la Francia, l'Italia, tutta l'Africa settentrionale dal Marocco all'Egitto, la Persia, l'India, la China, il Giappone, quasi tutte le grandi regioni dell'antico

[1] Carlo Mayer fa ascendere a 5000^{m} la potenza complessiva dei terreni terziari superiori (miocene e pliocene). Non meno di 400^{m} sono da assegnarsi all'eocene del bacino di Parigi. Le grandi masse di calcare nummulitico e di Flysch, che costituiscono per el gran parte l'ossatura delle grandi catene, non debbono aver meno dello spessore di 1000^{m}.

[2] Naumann, *Lehrb.* III, pag. 196.

continente, o sono sommerse, o non si presentano che in uno stato affatto rudimentale. Isolate in seno all'immenso Oceano sporgono le più eccelse vette dei Pirenei, dei Carpazi, delle Alpi, dell'Himalaya. Verso la fine del l'epoca eocenica un palpito potente agita la terra. Il periodo nummulitico ci presentava ancora l'ideale dei mondi antichi; il mare occupava ancora le nostre aree continentali. Col miocene quell'ideale si scompone; le nostre terre appajono, si dilatano, si popolano di animali, si vestono di vergini foreste. Col pliocene i continenti esistono: sono i nostri continenti e hanno già quasi completamente rivestite le forme che presentano attualmente. Tutto questo succede gradatamente, ma rapidamente, come se una valida spinta dall'intorno all'esterno, urgesse le nostre terre ancora nascoste in seno all'Oceano o le obbligasse con urto incessante a mostrarsi in faccia al sole. Da prima le nostre sommità continentali sporgono quà e là, come isole flagellate dal mare. Ma quelle vette si alzano; quelle isole si dilatano: vette minori si aggiungono alle prime, e formano catene: dalle maggiori catene si spiccano altre minori. L'Oceano è da ogni parte respinto: le grandi catene separano i bacini oceanici: le catene minori determinano i mediterranei, i golfi, le baje. Ma i bacini marini si vanno prosciugando: i fondi coperti dal libero mare si cambiano in maremme: le maremme divengono pianure, seminate di laghi: le pianure si trasformano in valli e altipiani. Il mondo vivente segue da presso le evoluzioni del mondo senza vita. Gli animali marini abbandonano a poco a poco le aree occupate da sì lungo tempo, e mirano da lungi sorgere le terre entro i confini dei loro regni abbandonati: rimangono più presso alle terre nascenti le conchiglie use alle acque poco profonde e salmastre; ma esse pure cedono il luogo alle conchiglie d'acqua dolce, che vengono coi pesci, coi rettili, coi crostacei, a popolare i laghi incorniciati da vergini foreste. Mano mano che le nuove terre sorgono, gli animali terrestri, principalmente i mammiferi d'ogni stampo, vi accorrono, vi si addensano. Stormi d'uccelli, nuvoli di insetti, oscurano l'aria: in fine allo spettacolo del mondo marino, a cui assistemmo ammirati in tutte le epoche precedenti, si sostituisce lo spettacolo del mondo terrestre, a cui anche al presente assistiamo.

1051. Questo graduale sostituirsi delle terre ai mari, durante l'èra cenozoica, ci è fatto vedere, come non si potrebbe meglio, dallo studio della geologia terziaria d'Europa. Esso ci mostra primieramente come fin dal principio dell'èra terziaria esisteva un *mare del nord*, diviso da un *mare del sud*, ossia da un mare ora ristretto al Mediterraneo. È questa l'idea di Mayer, suggeritagli dalla decisa differenza che passa tra le faune contemporanee, che si scoprono piuttosto nelle parti settentrionali che nelle meridionali d'Europa. Vedemmo infatti (§ 892) come potè distinguere le

formazioni terziarie in due serie parallele, cioè in settentrionali e meridionali contemporanee. I rilievi della Francia centrale e del Giura, quelli delle Alpi, principalmente delle occidentali, i rilievi della Germania, destinati a scomparire più tardi, come vedremo, dovevano bastare certamente, fin dai primordi dell'êra cenozoica, a separare più o meno decisamente i due bacini e a crearvi diverse condizioni d'ambiente.

1052. Nel periodo nummulitico però l'Europa era ben lungi dal possedere il suo attuale rilievo. La Francia appariva, per dir così, allo stato di embrione nel rilievo granitico della Francia centrale, seminato prima di laghi, poi di ardenti vulcani. Nel Belgio il mare teneva fermo fino al termine dell'eocene. Il *sistema tongriano* però (§ 905), sulla fine dell'epoca eocenica, accusa, con le poche conchiglie d'acqua dolce, miste alle molte marine, le vicine terre che si andavano avanzando. Il Giura, mancante assolutamente di terreno nummulitico, mostrava già i suoi dorsi fuori delle onde, e già separava, secondo le ricerche di Favre,[1] il bacino di Parigi, dalla regione delle Alpi coperta dal mare. La Germania, come dissi, esisteva ma d'una esitenza effimera, durante il periodo nummulitico. Il terreno nummulitico non esiste in nessuna parte nell'immenso bacino di Vienna che si allarga con quello della Boemia e dell'Ungheria. Bisogna spingersi fino alle alture dei Carpazi per trovarvelo. Gli strati miocenici riposano immediatamente sui graniti, sui gneiss, sul *Rothliegende* (permiano) sulla creta. Quell'enorme bacino era dunque una terra, una grand'isola, quasi un continente, almeno fino al termine dell'eocene inferiore, ossia del periodo nummulitico, finchè il mare tutta la invase, mentre abbandonava allo asciutto, nei periodi seguenti, le regioni dei Carpazi e delle Alpi. Il mare, che ricopriva le Alpi nell'epoca eocenica, ricopriva del pari la Svizzera, l'Italia, in fine quasi tutta l'Europa. Le conchiglie del Vicentino potevano liberamente migrare verso la regione, ove ora si innalza, oltre le Alpi, la montagna dei Diablerets, o le ceneri eruttate dai vulcani nella prima regione potevano trasformarsi in sedimenti nella seconda (§ 908).

1053. Tali erano le condizioni dell'Europa durante l'epoca eocenica: nè molto diverse erano quelle degli altri continenti. Il terreno nummulitico, così sviluppato in tutta l'Africa settentrionale e nelle regioni fra il Mediterraneo e il Giappone (§ 926-928), portato fino all'altezza di 5000 metri sulle montagne dell'Himalaya, ci dice come l'antico continente non poteva esistere che allo stato d'embrione. La porzione principale di quell'embrione non era nemmeno rappresentata dall'Europa, la quale non ci offre che dei rilievi abbastanza indifferenti. La parte centrale e australe dell'Africa non ha

[1] *Recherches géologiques dans les parties de la Savoie*, ecc. III. pag. 497.

ancora presentato, come osserva Murchison, nessun deposito terziario marino. Quella immensa superficie era già forse prosciugata avanti l'epoca del trias: anzi i depositi carboniferi non vi offrirono che reliquie di organismi terrestri. Meraviglioso, unico esempio di una terra attuale, di una vasta porzione dei nostri continenti, che esiste fin dall'epoca paleozoica.[1] Solo il nord-America godeva, a partire dall'epoca cretacea, di tale estensione, che ci lascia affermare l'esistenza del nuovo continente nell' epoca miocenica. La carta dell'America terziaria tracciata da Dana,[2] ci mostra l'America settentrionale, come avente estensione e forma poco dissimili dall'attuale. Ma forse la cosa è un po' esagerata, mentre lo stesso Dana ci fa sapere come posteriormente all' epoca miocenica l'America settentrionale andò soggetta ad un sollevamento, che ne accrebbe l'altezza di quasi 1000 metri.

1054. Il miocene ci mostra un lavoro già molto avanzato. L'antico continente, non esiste più solo allo stato di embrione, ma è già nato, cresciuto, nel vigore della gioventù. L'Inghilterra, spoglia interamente di terreni marini riferibili al miocene, era già emersa per intero, anzi essa godeva forse di una estensione maggiore dell'attuale; mentre sappiamo che dovette deprimersi più tardi, per coprirsi di qualche lembo di pliocene (crag di Suffolk). Anche la Spagna aveva quasi per intero cessato di essere mare, per divenire una regione di bassure e di laghi. Le sue coste però, sopra una vasta estensione figurano ancora come un arcipelago, e i *fiords* miocenici ne penetrano profondamente l' interno. Il rilievo della Francia centrale si è accresciuto delle regioni lacustri del Rodano, del Delfinato e della Provenza. Ma il mare miocenico si distende ancora sui bassi fondi, occupati attualmente dai bacini della Loira, di Bordeaux e da una gran parte del bacino della Doure. Lo stesso mare occupa ancora il Belgio e la Fiandra. Le Alpi però, appena abbozzate nell'epoca eocenica, erano sorte già alte e separavano il bacino dell' Elvezia e della Baviera, da quello che l'Apennino, già fin d'allora, divideva in Tirreno e Adriatico.

1055. In fatti, sui versanti settentrionali delle Alpi, il Nagelfluh poligenico composto cioè di ciottoli cristallini, di quarziti, di micaschisti, gneiss, graniti, schisti anfibolici, porfidi, serpentini, calcari, disegna le potenti fiumane, che scendevano dal gruppo già formato delle Alpi e delle Prealpi, e allargavano i loro delta nel golfo della Svizzera occupato dal mare.[3] Altri

[1] D'Archiac, *Géol. et paléont.*, pag. 678.

[2] *Manual of Geology*, London, 1863, pag. 530.

[3] Le osservazioni dello Studer, riportate dal Naumann (*Lehrb.* III, pag. 113) distinguono il Nagelfluh miocenico della Svizzera in due varietà.

1.° *Nagelfluh poligenico* composto come è detto nel testo:

2.° *Nagelfluh calcareo* composto di ciottoli di calcare e d'arenaria.

Il Nagelfluh poligenico costituisce una imponente zona subalpina, che, in direzione sud-

fiumi solcavano i versanti meridionali dello stesso gruppo, versando già da una parte nel golfo di Genova, dall'altra nell'Adriatico, che ricopriva ancora il Piemonte, comprendendo ne' suoi dominî i colli di Torino, le valli della Bormida e della Scrivia, e dilatandosi più a est verso la Lombardia. Al Nagelfluh dei versanti settentrionali delle Alpi rispondono sui versanti meridionali i poderosi conglomerati delle colline di Como,[1] di Badia e del

ovest nord-est, si distende fra il lago di Thua e il lago di Costansa, e forma le grandi alture del Napf, del Rigi, del Rossberg, ecc. Verso il Giura è scarso; anzi non vi è rappresentato chu da congeria di ciottoli slegati. Il Nagelfluh calcareo è molto meno sviluppato o accomp gas il poligenico nella stessa diresione.

Quanto all'origine del Nagelfluh calcareo, lo Studer vi riconosce talora la provenienza alpina, talora la proveolenza giurese. Il Giura e le Alpi limitavano già difatti il bacino elvetico nell'epoca miocenica. I dubbi dello Studer riguardano la provenienza del Nagelfluh poligeoico. Osserva in fatti che, ad eccezione dei calcari, dei gneiss, dei micaschisti, le roccie componenti il Nagelfluh poligenico sono straniere alle Alpi. Suppone dunque lo Studer che sui limiti settentrionali delle Alpi esistessero delle montagne porfiriche, serpentinose, ecc., che scomparvero poi.

Io non vedo la necessità di no tale supposto. I porfidi, i serpentini, gli schisti anfibolici perchè non si direbbero venuti dalle Alpi e dalle Prealpi del Piemonte e della Lombardia? Vuol dire che la catena calcarea, la quale sorge ora tra la sona del Nagelfluh e le Alpi meridionali, si sarà sollevata posteriormente ai depositi dello stesso Nagelfluh. Non c'è nulla di strano in questo supposto. Ansi l'ardito sollevamento del Nagelfluh, che forma le maggiori alture delle Prealpi svizzere, accusa una valida spinta, che sarebbe stata indotta appunto dal sollevamento di una catena fra le suddette Prealpi e le Alpi meridionali. Lo stesso Studer ammette del resto che le Alpi erano già sollevate, quando si deponevano nella Svizzera le molasse mioceniche. Nel mio modo di vedere, durante la formazione del Nagelfluh, prima cioè del sollevamento della catena calcarea dal lato della Svizzera, sulla sona dei laghi di Lucerna, di Zurigo, di Wallenstadt, il mare, o il suo littorale, si distendevano fra il Giura e le Alpi meridionali. I fiumi alpini, scendendo in direziona da sud-est a nord-ovest, distendevano il Nagelfluh sopra una zona da sud-ovest a nord-est. Intanto nel golfo elvetico deponevansi le molasse marine. Il Nagelfluh andò acquistando spessore, e avanzandosi verso il centro del golfo, finchè venne a sovrapporsi alle molasse, restringendo il golfo che si andò mano mano prosciugnado. Per tutto questo stanno i fatti: 1.° che il Nagelfluh è sviluppatissimo, e quasi unicamente limitato a sud, sopra la larga sona, che delinea l'antico littorale miocenico; 2.° che il Nagelfluh, prescindendo da non considerevoli alternanze, appartiene alla parte superiore della formazione miocenica della Svizzera; 3.° che sui limiti nord della valle elvetica, precisamente contro il Giura, si trovano i calcari marini, mentre a sud verso le Alpi abbiamo i depositi di maremma e d'acqua dolce, con tutti gli indizi di una regione littorale che si avansava verso il golfo, coperta di foreste; 4.° che tutta la formazione miocenica diminuisce di spessore da sud a nord, non avendone all'incirca che da 60 a 80 metri verso il Giura, mentre ne vanta oltre 1300 verso le Alpi, p. es. sul Rigi.

[1] Il conglomerato comense, che forma le colline del Baradello, di Monte Olimpino, Pedrinate, Moonorello, e accenna a distendersi sopra una sona non interrotta verso ovest, rinnendosi alle arenarie di Malnate e Bissoszero, segna indubbiamente l'antico littorale miocenico, dove si deponevano, sulla arenarie marine, le alluvioni torrensiali provenienti dalle Alpi. Il conglomerato comense è dunque, com'io ho sempre ritenuto il perfetto corrispondente del *Nagelfluh* della Svissera. Le marne con conchiglie marine, che corrisponderebbero parzialmente alla *molassa* svizzera, si scoprono alla base dei conglomerati precisamente tra Como e Monte Olimpino. Ma i conglomerati dell'epoca miocenica non seguirono già il corso tracciato ai ciottoli alpini dalle valli attuali, percorse a suo tempo dai ghiacciai, e dai fiumi lombardi al presente. Il *Negelfluh* di Como e di Varese deriva dalle Alpi che stanno ad

Montorfano bresciano. Più verso est, al piede delle Alpi venete, verdeggiavano i piani coperti di vergini foreste, e ancor ardevano i vulcani del Vicentino, formanti un arcipelago, che si distendeva probabilmente ancora nel Veronese e nel Tirolo. Più in là il mare Adriatico flagellava gli stabili rilievi del Friuli, dell'Illiria, della Dalmazia, e così via via, continuandosi col mar Jonio, già determinato dai rilievi dell'Arcipelago Greco e delle regioni elleniche.

1056. L'Adriatico del miocene comunicava probabilmente a nord col golfo di Genova, che si stringeva dappresso ai massimi rilievi delle Alpi marittime. I conglomerati e le ligniti di Cadibona segnano ancora la regione fluviale che limitava il golfo da quella parte. L'Apennino formava dunque un'isola allungata, forse più isole, come quelle che si allineano attualmente sulle coste della Dalmazia, bagnate ad est e ad ovest dal mare che si stendeva da una parte sulla Toscana, sulla Romagna, sul Napoletano; dall'altra sull'Emilia, le Marche, l'Umbria, gli Abbruzzi, la Puglia, ecc. Calabria e Sicilia non erano più che rilievi isolati, composti di terreni antichissimi, o antichi almeno quanto la *creta*, che formano ora i gruppi orografici più rilevati sugli altipiani che fiancheggiano lo stretto di Messina.

1057. Si può conchiudere, che l'Europa occidentale era costituita; riducendola però unicamente ai grandi rilievi e togliendole una grande, forse la massima, parte dell'area attuale delle singole regioni. Così esistevano, allo spirare dell'epoca miocenica, la Scandinavia (di cui non parlammo mai, ma che rappresenta una terra, quasi direi primitiva); la Gran Brettagna quasi completa; la Spagna assai vasta, e ben disegnata la Francia; l'Italia, la regione delle Alpi, e i rilievi che fiancheggiano il Mediterraneo fino al mar Nero. L'Europa occidentale, ancora così frastagliata dai mari che si diramano dall'Atlantico, lo era assai maggiormente allora. Il Mediterraneo e i seni che ne dipendono, si allargavano, si insinuavano allora assai più entro terra. L'Europa occidentale, meglio che come continente, ci deve apparire sotto le forme di un vasto arcipelago, allineato da nord-est a

occidente, da cui la regione di quelle antiche alluvioni è separata mediante l'enorme spaccatura occupata dal Ticino e dal Lago Maggiore. In fatti il conglomerato comense poligenico si compone di sieniti, dioriti a feldspato leggermente violaceo, di graniti porfiroidi, di melafiri, infine di roccie affatto somiglianti a quelle che sono sviluppatissime in Piemonte, specialmente nei dintorni di Biella. Vi mancano invece affatto i porfidi quarziferi e argillosi, il verrucano, il ghiandone, le dolomie, e in genere tutte le roccie provenienti dalla Lombardia orientale e settentrionale.

Le specialità riportate in questa *nota* sono tolte dalle annotazioni manoscritte dei signori Spreafico e Negri, che devono servire alla compilazione della carta geologica del Cantone Ticino. Io stesso però, in compagnia del prof. B. Gastaldi, ho potuto verificare l'esattezza delle loro osservazioni e dei loro apprezzamenti.

sud-ovest, dalla Scandinavia alla Spagna. Quelle isole formano dei gruppi intorno ai maggiori rilievi insulari, costituenti ora le grandi catene della Scandinavia, dell'Inghilterra, dei Pirenei, delle Alpi, dei Carpazî, del Balkan. Al di là, cioè a nord-est di questa specie di grande catena insulare dell'antica Europa, si distendeva il Mare Sarmatico, su tutta l'area ora occupata dall'Europa centrale e orientale. Il Mare Sarmatico copriva i piani sconfinati della Germania e della Russia Europea, confondendo in un sol mare, col Mediterraneo e col Mar Nero, il Caspio, l'Aral, e i loro immensi bacini. Così la descritta catena di terre, ossia l'arcipelago miocenico dell' Europa occidentale, formava una barriera fra due grandi oceani; poichè il Mediterraneo d'oggi, fuso col Mare Sarmatico dell'epoca miocenica che si stendeva fino ai grandi rilievi asiatici, pareggia al certo in estensione l'Atlantico, il quale esisteva certamente, per quanto, come meglio diremo più tardi, lo si voglia occupato nell'epoca miocenica da un' Atlantide.

1058. Il vero Mare Sarmatico, o mare interno mio-pliocenico, era in genere, come il Baltico attuale, poco profondo e salmastro. Si distendeva da occidente a oriente da Hollabrunn nella Bassa Austria fino al bacino dell'Oxus, cioè per 46 gradi geografici, e si allargava su questa linea fra il 40° e il 51° di latitudine. Le condizioni approssimativamente uguali di questo mare, forse più vasto del Mediterraneo, di cui non era che la continuazione e l'estendimento, sono attestate dall' uguaglianza della fauna. Quella vasta depressione esiste ancora: il Mare Sarmatico è ancora il grande bacino, ove confluiscono i più grandi fiumi d' Europa.[1]

1059. Ma quel gran mare era in via di rapido prosciugamento. I secondari rilievi dell'Europa, o emersi o in via da emergere, lo dividevano in bacini, i quali si andavano mano mano formando. Formaronsi ben presto a loro spese le basse terre ombreggiate da mioceniche foreste, che facevano cornice agli ampî laghi, ove crescevano in poderose cataste le ligniti. Lo studio dei terreni miocenici della Germania ci permette già fin d'ora di tener dietro a questo lavoro di graduale trasformazione. Noi vediamo l' aperto mare cedere il luogo alle lagune, e le lagune trasformarsi in laghi e pianure maremmane. Mille vulcani si allineano entro la vasta depressione, e disturbano, erompendo furenti da ogni parte, il pacifico lavoro delle acque. Torrenti di lava, diluvî di lapilli e di ceneri colmano i laghi e le lagune, si alternano colle ligniti e colle sabbie.

1060. Il bacino di Magonza ci ha offerto un esempio squisito di questo graduale prosciugamento. Le catene del Taunus, dell' Odenwald, de'

[1] NAUMANN, *Lehrb.* III, pag. 259

Vosgi, ecc. (§ 962) disegnano ancora il perimetro di quel bacino, quando era seno di mare. Sul suo fondo si accumulano, sulla fine dell' epoca eocenica, le sabbie straricche di conchiglie marine. Ma esso va colmandosi: alle sabbie si aggiungono le ligniti: alle conchiglie marine si associano quelle d'acqua salmastra, e già trovano modo d'innoltrarvisi le conchiglie d'acqua dolce. Ma i lidi si avanzano: il bacino si riempe di conglomerati e di sabbie: le conchiglie marine a poco a poco svaniscono, cedendo il luogo alle conchiglie di maremma o di lago, n' cui resti vengono a mescolarsi le spoglie delle conchiglie terrestri, dei rettili e dei mammiferi. Siamo alla fine dell'epoca miocenica. Il bacino è cambiato in una regione di alluvioni, è colmato cioè interamente dalle sabbie di Eppelsheim, rigurgitanti di ossami di mammiferi terrestri, che vissero nell'epoca pliocenica.

1061. Ci vorrebbero dei volumi per tener dietro allo svolgimento della sola Europa durante l'êra terziaria. Quanti ce ne vorrebbero, quando potessimo ugualmente seguire lo sviluppo di tutti i continenti! Ma l'ignoranza pur troppo ci abbrevia il lavoro, e quasi ce ne dispensa. Sappiamo però abbastanza per poter asserire che l' êra cenozoica segna lo svolgimento, come dell' Europa, così di tutto l'antico continente. Durante l'epoca miocenica l'India era già sollevata in massa, mentre pure era ancora sommersa nell'epoca precedente, quando, in seno alle onde, le nummuliti si affaticavano a preparare le cime dell'Himalaya. Nell'epoca miocenica terre forse più vaste delle attuali si dilatavano all' ingiro del polo artico. Lo attesta la flora miocenica che in lembi sterminati si rivela ancora nelle ligniti e negli strati a vegetali che si scoprirono nella Groenlandia, allo Spitzberg, nello Arcipelago artico americano, e sugl'immensi littorali americani e asiatici, che fanno cornice al Mar Glaciale. Heer è d'avviso che un vero continente si distendesse sulle regioni polari, ora occupato dai ghiacci marini. L'Europa era in intimi rapporti di vicinanza, forse assolutamente legata al continente polare. Un' Atlantide, ossia una gran terra sorgente in seno all'Atlantico, legava inoltre il nord-America all' Europa. L'Atlantide si sarebbe sommersa da poi, e il continente polare si sarebbe frazionato nell'Arcipelago artico. Tanto deduce il signor Heer dalla somiglianza, in parte anzi dall' identità, delle piante mioceniche raccolte in Europa, nel nord America e in tutte le terre che circondano il polo. È però un' ipotesi ardita, la cui accettazione non parmi per lo meno imposta dai fatti. Non trovo che sia necessario di ammettere una terra continua, quando la flora miocenica, favorita da condizioni climatologiche opportune, poteva ugualmente propagarsi mediante alcuni lembi di terra, o sistemi di isole, formanti delle catene che legassero, come oggi, e anche assai meno di oggi, tutti i continenti intorno al polo boreale.

1062. Anche l'Africa esisteva abbastanza completa verso il mezzo dell'epoca cenozoica. Ai rilievi meridionali, emersi in epoca assai più antica dell'eocene, forse già asciutti fin dall'epoca carbonifera (§ 1053), si aggiungevano i rilievi settentrionali, costituiti dal terreno nummulitico. Il mare miocenico però invade ancora una parte dell'Egitto, dell'Algeria, del Marocco fino alle coste dell'Atlantico.

1063. Lo svolgimento dei continenti continua nel pliocene, e il grande lavoro della natura è quasi compinto alla sera di quest'epoca che chiude l'êra cenozoica. Prescindendo da angusti lembi littorali, prescindendo dalle vaste pianure, distese dalle epoche successive ai piede dei grandi rilievi, l'Europa occidentale è ultimata. La Scandinavia, la Gran Brettagna, la Spagna, la Francia, l'Italia, le regioni delle Alpi, dei Carpazî, dei Balkan, hanno ormai raggiunto l'altezza e l'estensione che vantano attualmente. L'Inghilterra è anzi piuttosto in perdita che in guadagno. Sopra alcuni lembi sommersi il mare pliocenico depone i celebri *crag*. Lo stesso mare ricopre una parte del Portogallo, e le sue onde si infrangono ancora ai piedi dell' Apennino e delle Prealpi. Ma il mare è scacciato dalla grande depressione fra le Alpi e il Giura, che si converte in una regione di laghi e di foreste. Il Mare Sarmatico è quasi scomparso, e sostituito anch'esso da grandi regioni alluvionali. Le lagune si stringono intorno al Mar Nero e al Mar Caspio, ancora riuniti in un solo bacino. Ma le terre si avanzano, i fiumi d'Europa vi svolgono le immense spire; le pianure e le steppe subentrano all'Oceano che si distendeva fra l'Europa occidentale e i rilievi dell'Asia centrale. La scarsità dei depositi marini, che fuori d' Europa vennero riferiti all' epoca pliocenica, dice che tutti i continenti erano o compiti, o prossimi al compimento sullo spirare dell'êra cenozoica.

1064. L'êra cenozoica si può dunque definire *êra di sollevamento*, in opposizione alle êre paleozoica e mesozoica, che si direbbero *êre di abbassamento*. Comincia col mare che si etende sui continenti; finisce coi continenti che si stendono in mare. Il sollevamento si determina principalmente sulla fine del periodo nummulitico; progredisce quindi assai rapidamente, sicchè alla fine dell'epoca pliocenica noi troviamo i continenti distesi sulle immense basi, sollevati ad altezze poco distanti da quelle a cui attingono attualmente.

1065. Volendo calcolare il valore del sollevamento durante l'êra cenozoica o nel corso delle singole epoche che la compongono, bisogna calcolare le altezze raggiunte dai terreni terziari in genere, e da ciascun membro di essi in ispecie, sottraendo il valore del sollevamento che si verifica posteriormente all'epoca terziaria intera, o a ciascun periodo di essa. Credo di poter stabilire, in termini abbastanza approssimativi, le seguenti massime

elevazioni di terreni terziari, in confronto coll'attnale massima elevazione d'Europa.

Elevazione attuale dell'Europa[1] . . . 4810^{m}
Elovazione dell'eoceno in Europa[2] . . 3000^{m}
Elevaziono dol miocene[3]. . . . . . 1800^{m}
Elevazione del pliocene[4] . . . . . 400^{m}

1066. Dal precedente specchio si cava il segnente, ove si rilevano, fatte le debite riduzioni, le massime altezze ragginnte successivamente dall'Enropa a partire dalla fine dell'epoca cretacea, ossia dal principio dell'êra terziaria.

Al principio dell'êra terziaria . . . . . 4810^{m} — 3000 = 1810
Al principio doll'epoca miocenica . . . 4810^{m} — 1800 = 3010
Al principio dell'epoca pliocenica. . . 4810^{m} — 400 = 4410

Il valoro del sollovamento dell'Europa avvenuto fra il principio dell'eocene e il principio del mioceno è espresso dalla differenza fra 1810 o 3010; è quindi di 1200 metri: quello del sollevamento fra il principio del miocene e il principio del pliocene equivale alla differenza fra 3010 e 4410; è dunque di 1400 metri. Il totale del sollevamento, dal principio dell' êra cenozoica alla fine dell' epoca pliocenica, è rappresentato dalla differenza fra 1810 e 4410; è quindi di 2600^{m}, a cui abbisognerebbe 400^{m}

[1] Ho prese ancora la maggier cima delle Alpi, come misura dell'altezza attoale d'Europa. In segnite alle ultime eperazioni geodetiche i versanti europei del Caucaso presentano due cime più elevate del Monte Bianco, cioè il Kasbek di 5043 metri, e l'Elbrus di 5628 metri.

[2] Il bacine eocenice della Senna e della Loira è a circa 150 metri sul livelle del mare. Il nummnlitice dell'Apeonino raggiunge ferse i 2000 metri. Sol Grünten, a oord di Sant Hefen, nelle Alpi bavaresi, l'eocene è sollevato fin oltre i 1600 metri (NAUMANN, *Lehrb.* III, pag. 97). Nelle alpi svizzere avrebbe raggiunto i 2400 metri sulle cime delle Vergy secende i calceli di FAVRE (*Récherches* ecc. II, pag. 162), e si treva a 3032 metri sui Diableretz. Nelle Alpi Grigione, l'elevazione dell'eocene è assai maggiore. THEOBALD ne trovò composta la cima del Bifertenstock, che si eleva fino ai 3425 metri (THOBALD, *Der Brigelser stock*). La maggiore elevazione la attinge sul Pirenei, se è vero ciò che riferisce D'ARCHIAC (*Géol. et paléont.* pag 659) che li nummulitice si spinge a 3351 metri sul Mont Perdo. Non mi ricorde tuttavia dove abbia trovato che si assegnano i 2400 metri come altezza massima pel nummulitice ne' Pirenei. Trovo anche che precisamente al nummulitico del Mont Perdo si assegna un'altezza soltanto di 2000 metri (NAUMANN *Lehrb.* III, 24).

[3] Trove assegnata l'altezza di 2000 metri al Nagelfluh sul Napf; ma il Napf, secondo l'*Atlante di Stieler* non ragginoge i 1600 metri. L'altezza di 1800 metri sarebbe approssimativamente quella dei Rigi, egualmente composto di Nagelfluh. Trattandosi però di formaziene littorale, rappresentante il lide alluvionale del gelfo miocenico della Svizzera, bisognerebbe sottrarre alla elevaziene dovuta al sollevamento il tanto che era già determinato dal naturale pendio. Il miocene del Piemonte giunge ai 500 e fino ai 642 metri.

[4] Il *calcare delle steppe* forma a Odessa un altipiano sollevato circa 58 metri sul livello del mare. Nelle regioni subalpine la massima del pliocene marino sarebbe quella di 330 metri che si verifica alla Folla d' Indune nei dintorni di Varese. È probabile che raggiunga altezze maggiori nell'Apennino, ma non credo che oltrepassi i 400 metri.

di sollevamento posterziario, per raggiungere la cifra di 3000^m, che esprime il sollevamento dell'Europa a partire dal principio dell'èra cenozoica. Stando a questi calcoli, tutte le parti d'Europa che stanno attualmente al di sotto di 3000^m, non esistevano al principio dell'èra cenozoica. Quali sono le parti che sorpassano i 3000^m di elevazione assoluta? Soltanto le cime più elevate delle maggiori catene; le regioni delle nevi perpetue.[1]

Ripetendo gli stessi calcoli pel continente asiatico, in base all'altezza dei terreni terziarî nell'Himalaya, troviamo che al principio dell'èra cenozoica dell'Asia non dovevano esistere che le cime, le quali sorpassano i 5000^m d'altezza assoluta.[2]

Quanto all'America del nord il sollevamento è più anticipato. La creazione di quel continente si effettuò principalmente fra l'epoca cretacea e il principio dell'èra cenozoica. Ma se il nord-America vantava, durante l'epoca terziaria, un'estensione non molto minore dell'attuale; era ancora ben lungi dal raggiungere le attuali altezze, mentre sappiamo che posteriormente all'epoca miocenica sollevossi ancora per ben quasi 1000^m.[3]

1067. Non si vuol già sostenere che le cifre delle altezze dei diversi terreni siano da prendersi in via assoluta, come misura del sollevamento avvenuto nelle diverse epoche. Bisognerebbe in questo caso supporre che i continenti si sollevassero tutti d'un pezzo. Ciò non avvenne certamente, e ne avremo un saggio ben tosto parlando delle oscillazioni verificatesi nell'èra cenozoica. Per giungere a risultati un po' esatti, bisognerebbe ripetere i calcoli per ogni singolo rilievo dei mille che compongono un continente. Ma anzi tutto non possiamo supporre che si sollevino a 2, a 3, a 4 mille metri le maggiori catene, i Pirenei, le Alpi, l'Himalaya, senza che vi consentano le regioni dipendenti. Se trovammo l'eocene sollevato oltre i 3000 metri sui Diableretz, cioè nelle Alpi del Vallese; lo vediamo ugualmente levarsi a 3425 metri sul Bifertenstock nelle Alpi Grigione:[4] il che vuol dire,

[1] Credo d'essermi tenuto in termini molto ragionevoli stante le maggiori altezze dell'eocene alpino già riferite nella *nota* n.° 3 del paragrafo precedente.

[2] L'altezza del nummulitico nelle regioni dell'Himalaya, presa come misura del sollevamento dell'Asia posteriormente all'eocene, acquista un valore abbastanza deciso della estensione che il terreno nummulitico vi occupa. Il gruppo nummulitico, dice D'Archiac (*Géol. et paléont* pag. 663) occupa da est a ovest una estensione di 25 a 26 gradi geografici, partendo dal Belutcistan fino al Bengala orientale, e di 15 gradi da sud a nord dalle foci del Nerbuddah alle montagne dell'alto Cachemire. Thompson vi raccolse dei fossili fino all'altezza di 5000 metri. D'Archiac riferisce positivamente (*loc. cit.* pag 674) come il citato viaggiatore, fra Zanskar e la valle superiore dell'Indo, raccolse nummuliti e alveoline a un'altezza superiore al Monte Bianco.

[3] Il sollevamento posteriore al periodo miocenico si può, secondo Dana, calcolare di 100 a 200 piedi nelle regioni del golfo, di 600 in Georgia, di 800 nel Montgommery, di 1000 a 2000 nel White River, di 1500 a 3000 sulle coste del Pacifico, nell'Oregon e nella California.

[4] Theobald, *Der Brigelser Stock.*

a un dipresso, che tutta la catena delle Alpi ha consentito allo stesso sollevamento. Poi ci siamo intrattenuti abbastanza sulla estensione e sulla elevazione dei terreni terziarî in tutte le regioni del globo, per poterci persuadere che non vi ha quasi rilievo appena considerevole il quale non vanti uno sviluppo maggiore o minore di terreni terziarî: sicchè riesce tutt'altro che un' esagerazione il dire, che la creazione dei continenti attuali, appena iniziata anteriormente all'epoca cenozoica, fu quasi condotta a termine da essa. L'êra terziaria in fine è l'êra dell'apparizione dei continenti, l'êra dell' aggruppamento delle terre intorno al polo boreale, e quindi del dilatamento dei mari nelle regioni equatoriali e australi.

1068. Come la depressione delle nostre aree continentali avveniva per oscillazione nelle êre precedenti; così per oscillazione ne avvenne il sollevamento nell' êra cenozoica. La terra è ancora in preda a una pulsazione incessante. Guardate p. es. la Francia. Alle sabbie eoceniche di Soisson, ove alternano i depositi marini con quelli d' acqua dolce, si sovrappone il *calcare grossolano* perfettamente marino; ma sulla fine di esso si sostituiscono al libero mare le maremme delle *Caillasses* (§ 897). Più tardi quell' area è ancora coperta dal mare, ove si depongono le *sabbie medie;* poi lage, ove posano i gessi e i calcari lacustri di Montmartre; di nuovo ecco il mare nelle *sabbie superiori;* poi di nuovo le acque dolci. Durante il mioceno il bacino di Parigi è divenuto una terra. Simili vicende subisce il bacino eocenico d'Inghilterra anch'esso prosciugato nell'epoca miocenica. Ma la stessa Inghilterra si deprime un tantino, posteriormente al miocene, per sobbarcarsi ai *crag* pliocenici di Suffolk.

1069. I calcari d'acqua dolce della Turenna dovettero deprimersi, per essere coperti da ben 50^{m} di *Faluns* marini. La gran formazione marina della Svizzera, del *periodo elveziano*, che copre la formazione maremmana dell'*aquitaniano* e del *magonziano*, indica che il mare levossi alto ancora su quei piani prossimi a prosciugarsi, e occupò di nuovo, nel mezzo del miocene, tutta la depressione fra le Alpi e il Giura. Una formazione miocenica marina mostrasi in Baviera incassata fra due formazioni d'acqua dolce. Le stesse vicende hanno luogo in Italia. Il difetto di eocene nella Sicilia e nella Calabria mostra come la Sicilia e la Calabria esistevano in quell' epoca: scomparvero poi, perchè sulle zone cretacee, anzi più spesso sullo zone più antiche, si deponessero successivamente il miocene e il pliocene. I letti marini alternano con letti d'acqua dolce a Siena. Le regioni del Balkan esistevano durante l' epoca miocenica, mentre nessun deposito di quell'epoca vi fu scoperto. Ma i depositi marini pliocenici che esistono in Grecia, secondo D'Archiac, indicano che ebbe luogo posteriormente al miocene una depressione.

1070. Una gran terra esisteva certamente durante il periodo eocenico, là dove più tardi, durante il miocenico, esistette il gran golfo, detto bacino di Vienna. È un fatto che in quell'immenso bacino non appare il nummulitico: per trovarlo bisogna spingersi fino alle alture dei Carpazî. Il miocene marino in Boemia riposa immediatamente o sul Rothliegende (Permiano), o sulla creta. Esisteva dunque una terra, i cui confini sono oggi misurati dai monti della Boemia, dai Carpazî, e dalle Alpi nord-est, allora occupati dal mare; esisteva una terra che, in direzione nord-sud, si prolungava da Olmütz a Oedenburg, e in direzione ovest da Theben a Melk. Durante l'epoca miocenica quella terra era scomparsa.

Anche nell'êra neozoica dunque si alternarono i sollevamenti e gli abbassamenti; si rimutarono sulle stesse aree i mari, le terre. Ma in mezzo a tali oscillazioni le terre guadagnano sempre; e alla fine dell'êra cenozoica gli attuali continenti sorgono giganti sulle loro basi.

1071. A questa radicale evoluzione della superficie del globo si accompagna una del pari radicale evoluzione de' suoi abitatori. Animali e piante tengono dietro allo sviluppo dei nuovi rilievi orografici, e come il regno inorganico, così i regni organici vanno gradatamente acquistando le forme del mondo attuale. Le piante e gli animali terziarî appartengono quasi tutti a generi viventi. Anzi già le specie viventi appajono. Assai scarso nell'eocene, crescono nel miocene, finchè nel pliocene soverchiano d'assai il numero delle estinte. Sulla fine del pliocene si può dire creata, distribuita, accantonata, almeno genericamente, la fauna del mondo attuale. V'hanno dei tipi che fanno un deciso contrasto coi tipi componenti attualmente certe faune locali; ma gli stessi tipi si trovano poi viventi in regioni più o meno discoste da quelle ove si trovano fossili. Le gigantesche salamandre di Oeningen si direbbero, a prima giunta, una rivelazione di un mondo ancora affatto estraneo al mondo attuale; pur le vediamo, per dir così, redivive nelle gigantesche salamandre del Giappone, che veggonsi ora così prospere negli acquarî d'Europa. In Europa non esistono ora i rinoceronti; ma essi improntano delle loro orme pesanti le pianure africane.

1072. Per comprendere come il nuovo mondo si sostituisse all'antico, come i tipi viventi prendessero il posto di quelli che andavano mano mano dileguandosi dalla faccia del globo, osserviamo i cefalopodi concamerati, che personificano, quasi direi, a fronte della fauna marina attuale, le faune antiche e antichissime. I cefalopodi concamerati, prima sotto le forme dei nautilidi, poi sotto quelle degli ammonitidi e dei belemnitidi, riempiono gli strati dal cambriano alla creta superiore. L'eocene d'Inghilterra è ancora abbastanza provvisto di cefalopodi, che richiamano più o meno

gli antichi. Vi si contano 6 magnifiche specie di Nautilus; 2 *Aturia* o Nautili a concamerazioni più complicate, che ricordano gli antichi *Aganides* e i più recenti *Ammonites;* 3 *Beloptera*, e 1 *Belenopsis*, molto affini alle Belemniti. Intanto 3 *Belosepia*, molto affini alle sepie viventi, sono foriere dell' innumerevole esercito dei polpi, ossia degli attuali cefalopodi ignudi. Il genere *Aturia* vanta ancora un rappresentante nel miocene del Piemonte. Col pliocene tutti quei generi sono scomparsi. Unico superstite, unico richiamo di cento faune estinte, è il *Nautilus*, rappresentato da due specie soltanto, o se vuolsi, da tre, non essendo la *Spirula Peronii* che un piccolo *Nautilus* a spire disgiunte, o se meglio piace, una piccola *Lituites.*[1] Quello che osserviamo pei cefalopodi si verifica per tutti i tipi di famiglia o di generi costituenti le antiche faune marine.

1073. Ma una più importante rivoluzione dei regni organici è quella per cui si vanno sostituendo, in certo senso, le faune terrestri alle antiche faune marine. Dico in certo senso, poichè le faune marine, piuttosto che scomparire, si cambiano; piuttosto che impoverirsi, sotto altre forme specifiche si arricchiscono e si completano. Ricordiamo però come le epoche cambriana e siluriana e devoniana non ci offersero che un mondo acquatico; come nell'epoca carbonifera soltanto appajano radi e vili i tipi d' animali terrestri; come soltanto alla fine dell'èra mesozoica la fauna terrestre si può dire, ma solo rudimentalmente, completa. Negli strati antichi insomma trionfa il mondo marino sul mondo terrestre. L'èra terziaria ci presenta l'opposto: lo sviluppo degli animali terrestri segue gradatamente lo sviluppo dei continenti, e il mondo terrestre si lascia ben addietro il mondo marino per l'eccellenza dei tipi. Si direbbe che la terra rifiuti, come indegne di sè, tutte quelle basse creature, che formavano la gloria degli antichi mari. Gli amorfozoarî, i foraminiferi, i coralli, gli echinodermi, sono estranei, non solo alle terre, ma anche alle acque dolci, che ne mantengono soltanto qualche meschino ricordo. I tipi più infimi per le terre sono i molluschi gasteropodi, resi atti a respirare la libera atmosfera; sono i crostacei, mantenuti soltanto sotto forme diminutive; si moltiplicano invece gli aracnidi e gl' insetti, che compiono, sotto le forme più svariate, le loro maravigliose metamorfosi; si moltiplicano i batraci, atti a vivere nei due elementi; si mantengono potenti i sauri abitatori delle antiche terre; appajono i serpenti, destinati a moltiplicarsi più tardi; si moltiplicano gli uccelli, resi capaci di levarsi nelle regioni delle nubi, e di riempiere l' aria di allegri canti. Ma i mammiferi son quelli che formano il

[1] Vedi la *Nota* N. 2 a pag. 183.

trionfo dell' êra cenozoica, o assicurano al mondo terrestre la vittoria sul mondo marino.

1074. Se la moltiplicazione dei mammiferi nell'êra cenozoica è così meravigliosa dal lato della varietà doi tipi; non lo è meno guardandola da quello dello sviluppo numerico degl' individui. Se gettiamo uno sguardo su quegli ossarî, su quelle mirabili necropoli dolle diverse epoche terziarie; ci sentiamo come forzati a conchiudere, che le terre formicolassero letteralmente di quadrupedi d'ogni stampo. È vero cho di quei prodigiosi agglomeramenti possono dar ragione le condizioni speciali di certi bacini lacustri, in baso a quanto osservammo succedere in certi luoghi attualmente (§ 207). Ma sta a ogni modo, quegli ossarî essere testimonî cho le terre erano allora seminate di belve vaganti, sparse, como sui nostri pascoli i greggi o le mandre. In quegli ossarî, come dissi, la copia gareggia colla varietà.

1075. Circa la varietà, hasti ricordare, per l'eocene, il bacino di Parigi, che porse un pascolo così esuberante al genio osservatore di Cuvier. D'Archiac ci offre il seguente quadro dei mammifori del bacino miocenico (probabilmente anche oligocenico o pliocenico) della Garonna, del Gers, ecc.:

Quadrumani	2
Chiropteri	2
Insettivori	10
Carnivori	17
Rosicchianti	13
Sdentati	1
Pachidermi proboscidali	4
Pachidermi d'altri gruppi	23
Ruminanti	9
Mammiferi	81 [1]

1076. Più ancora meraviglioso, tanto per la varietà, quanto per la copia, è il bacino pliocenico di Pikermi. Como mai quella congerie di ossami, riuniti in sì breve spazio, sicchè il deposito che riempì il bacino può definirsi un conglomerato di ossa, cementato da un'argilla ocracea? All'industria paziente e appassionata dol signor Barazzetti, preparatore al museo di Milano, si deve la raccolta o la conservazione di un numero immenso di quelle reliquie di una fauna spenta, di cui abbiamo uno splendido saggio nella collezione da lui fornita al detto museo. Il signor Gaudry ha da poco ultimata l'illustrazione di quella fauna, sulle numerose collezioni da lui recate al museo di Parigi, ovo staranno così bene a lato della celebre

[1] Allo stesso bacino appartengono 27 rettili, cioè 9 batraci. 2 ofidi, 9 sauri, 7 cheloni

collezione dei gessi di Montmartre, che resero immortale il nome di Cuvier. Vi si ammirano: una scimmia (*Mesopithecus Pentelici*) della grossezza di un piccolo macaco; 14 specie di carnivori, jene, tigri, fra cui il *Machairodus cultridens*, più grosso dei più grossi leoni viventi; un'istrice; uno sdentato (*Ancylotherium*); 2 *Mastodonti*, uno dei quali (*M. turicensis*) grosso come l'elefanto; 2 *Dinotherium*, fra cui il famoso *D. giganteum*; 3 rinoceronti, grossi come i viventi, ed anche più; un cavallo (*Hipparion gracile*) grosso come il zebro; un cignale, un terzo più grosso del vivente; una giraffa, alta come l'attuale; 11 specie di antilopi; un fagiano ed altri gallinacei; una gru; una tartaruga, ecc. In tutto 35 generi, di cui 20 estinti. È cosa meravigliosa il pensare come tanti animali, così varî di forma o di mole, si dovesser pigiare sui piani miocenici dell'Attica. Basti il dire, che dalla sola collezione di Gaudry sono rappresentati 80 individui di *Hipparion*, 12 di cignale, 11 di *Helladotherium*, ruminante più grosso di quanti ora si conoscono, 50 di *Tragoceras*, grosso come un piccolo cervo, 36 di *Palæoras* e 50 di *Gazella brevicornis*.

1077. Lo stuporo però che ci arreca la singolare ricchezza di quelle antiche necropoli non è punto ragionevole, se ammettiamo che il mondo attuale è lo specchio, anzi il complemento dei mondi antichi. Dacchè il lavoro secolare della civiltà ha snidato dal fitto delle boscaglie e da' più ermi recessi delle Alpi, le bestie selvatiche o feroci, e cacciatine in bando gli ultimi rampolli; dovremo meravigliarci se la solitudine che ne circonda non è rotta ormai più che da animali importati, e sottomessi al nostro giogo? Se civiltà non fosse, di orsi, lupi, stambecchi, camosci, cignali, buoi, cervi, sarebbero gremiti il piano o il monte, come allora erano di scimmie, jene, tigri, mastodonti, rinoceronti e antilopi. Eccone la prova nelle seguenti citazioni di Gaudry. [1]

Delegorgne, nel racconto delle sue esplorazioni nell'Africa australe,[2] descrive un lago, dove abitava una truppa di 100 ippopotami, e uno spazio di tre miglia, dove s'erano riuniti più di 600 elefanti. Incontrò un giorno da 300 a 400 ciuojeno (specie di jena), e un altro giorno da 400 a 500 cuagga (specie di zebro). Livingston [3] ci narra di aver visto sovento sfilare eserciti di 40,000 euchore (specie di gazzella) e descrive nei seguenti termini lo spettacolo che gli presentava la discesa di una montagna nell'Africa interiore: « Centinaja di zebri e di bufali veggonsi passare attraverso le radure delle selve: numerosi elefanti vanno pascolando, e non sembrano muovere che le loro proboscidi ».

1 *Considérations générales sur les animaux fossiles de Pikermi.* Paris, 1866.
2 *Voyage dans l'Afrique australe.*
3 *Explorations dans l'intérieur de l'Afrique australe.*

1078. Una così enorme quantità di mammiferi, cenozoici, erbivori per la maggior parte, doveva necessariamente trovar pascolo in una flora proporzionatamente ricca e robusta. Noi abbiamo già potuto formarci un'idea di quelle vergini foreste, che nell'èra cenozoica, principalmente nelle epoche più recenti, rivestivano le regioni temperate non solo, ma quelle che in oggi si dicono, così meritamente, glaciali. Della vegetazione terziaria acquisteremo un concetto più completo, parlando del clima, che era necessario ad assicurarne l'esistenza e lo sviluppo.

1079. Tornando ora per poco alla fauna mammalogica, vorremmo interrogarla, come abbiam fatto colle faune antecedenti, per vedere se ha qualche miglior risposta da darci, da tenersi in conto per la soluzione del grande problema della animalizzazione del globo, specialmente riguardo alla troppo celebre ipotesi della trasformazione delle specie. Anche qui spettacolo di vita e di morte; anche nell'èra cenozoica si succedono l'una all'altra le faune, misurando ben corto ciascuna il periodo della propria esistenza. Tutti insieme i terreni terziarî non rappresentano che una piccola frazione della cifra che esprime la durata dell'êra paleozoica. Ciascun'epoca paleozoica rappresenta un corso di secoli ben più lungo di quello cui misura tutta intiera l'êra cenozoica. Eppure la fauna mammalogica ebbe tempo a rifarsi interamente almeno tre volte. Quelle faune appajono, scompajono, senza porci menomamente sulle tracce nè dei loro antecessori, nè dei loro posteri. Quali sarebbero in fatti i progenitori, quali i posteri di quegli animali, le cui reliquie si trovano ammucchiate nel bacino di Parigi? Dagli strati cretacei più recenti, che non ci han pôrto finora un sol dente di mammifero, passiamo quasi di slancio a un immenso ossario, ove si riconobbero almeno 50 specie di mammiferi diversi. V'ha egli forse alcuno di quei celebri *Paloetherium Anoplotherium* che riesca a rallegrarsi dell'aurora del miocene? Nessuno. Nel miocene abbiamo altri mammiferi, diversi dai precedenti, specificamente e genericamente: ed eccoci al pliocene, con una fauna mammalogica tutta nuova, così varia, così ricca di specie e di generi i più disparati. In quella congerie di ossami, che colmò per esempio il bacino di Pikermi, s'ebbe egli a trovare un solo dente di una belva incontrata nell'eocene o nel miocene? Ecco un intero mondo di viventi, che trovò in quel breve periodo e culla e sepoltura.

1080. L'assoluta specialità delle faune mammalogiche nelle tre epoche terziarie è resa, per così dire, palpabile da quei tipi così schietti, così strani, così isolati sulla scala dell'animalizzazione, che caratterizzano le epoche terziarie, come altri tipi, ugualmente schietti, strani e isolati, vedemmo caratterizzare le epoche precedenti. Invano cercheremmo al passato come al presente un termine di confronto appena vicino a quegli enormi

Dinotherium che in un periodo così recente (nel pliocene) percorrevano liberamente le novelle pianure dell'Europa centrale o orientale. Ai Darviniani affidiamo la ricerca degli antenati e dei posteri di quei mostri.

1081. L'estinzione delle faune terrestri, specialmente dei tipi più alti che esse contavano, riesce tanto più problematica, quando si osservi come tanti tipi inferiori, anzi tante specie particolarmente marine, passarono illese attraverso l'èra cenozoica, o vivono, prosperano ancora. Io non so di nessun animale terrestre che il mondo attuale abbia ereditato dal mondo terziario. La fauna marina attuale invece incomincia coll'eocene; va svolgendosi rapidamente nel miocene; è prossima ad essere completa nel pliocene. Ma intendiamoci bene: non è l'intera fauna marina che presenti un tale svolgimento. Io non credo che un solo vertebrato, un solo pesce dei mari cenozoici solchi le onde dei nostri mari. Le specie terziarie ora viventi sono invertebrate; si riducono anzi quasi unicamente a molluschi. Sono i nostri molluschi che cominciano ad apparire nell'eocene, si moltiplicano sempre più nel miocene e nel pliocene, e si completano nell'epoca attuale. Quale è la causa che misura con sì poco di equità ai diversi tipi il circolo della rispettiva esistenza? Perchè sopra tutto la longevità di un genere, di una specie (almeno generalmente parlando) sarà in ragione inversa della sua eccellenza? Domandatelo anche codesto ai Darviniani.

1082. Anche le epoche terziarie ci propongono l'altro problema, che ci venne già sottoposto dalle precedenti. Alludo all'apparizione di tipi ritardati, di tipi infimi che appaiono dopo i superiori. Come vedemmo i coralli comparire dopo i molluschi e i crostacei nell'epoca siluriana; così vediamo nell'èra cenozoica, dopo gli uccelli, dopo i mammiferi, comparire i serpenti. Perchè mai ci trovammo così presto (nel lias) sotto il meridiano dei rettili, e i serpenti risposero così tardi alla chiamata? E come, venuti sì tardi, poterono presentare di lancio le dimensioni dei nostri più mostruosi serpenti?

1083. Anche le nummuliti presentano ai darviniani un quesito ben degno della loro sagacia. Come mai i foraminiferi, apparsi nel carbonifero, moltiplicati nelle epoche seguenti, aspettano così tardi a presentare alcuna di quelle numerose forme di cui seppero vestirsi nell'epoca eocenica? Come mai, moltiplicate a dismisura, ricchissime di specie, potenti di dimensioni relativamente gigantesche, sovrane de' mari, poterono le nummuliti rassegnarsi ad essere così presto cancellate dalla faccia della terra? Ecco un altro tipo schietto, senza parentele, isolato entro un certo gruppo limitatissimo di strati, che nasce gigante, e muore senz'altro lasciare che le sue spoglie alla terra.

1084. Pigliando ora di mira la distribuzione geografica delle faune terziarie,

ne risulta un fatto nuovo, cioè in assoluta opposizione a quanto ci offersero le epoche precedenti. Non abbiamo mai mancato di osservare difatti come la distribuzione geografica delle antiche faune si lasciava facilmente sostituire dalla parola universalizzazione. Nell'èra paleozoica e mesozoica, non solo gli stessi tipi di famiglie e di generi, ma anche le stesse specie in buon numero, s'incontrano tanto in Europa quanto in America, sotto le latitudini calde o temperate, come nella regione dei ghiacci. Questo carattere della universalizzazione è ancora mantenuto abbastanza deciso dalla fauna eocenica. Le identiche specie della fauna nummulitica s'incontrano nell'India, in Africa, in Italia. Le nummuliti rappresentano quasi un ultimo tipo universale: per lo meno è certo che si estendono a tutto l'antico continente, e vuolsi che alcune specie si trovino anche alla Giamaica. Sul continente americano però non pare che esista il vero terreno nummulitico: la sua fauna marina è già distinta da quella dell'antico continente. Il miocene non presenta più, per quanto mi è noto, un tipo che si possa dire universale. Col pliocene l'accantonamento delle faune marine è quasi deciso come in oggi. I diversi membri del terreno pliocenico contengono in fatti una fauna in genere analoga, e in parte identica, a quella dei mari limitrofi a ciascuno di essi. I terreni pliocenici circummediterranei in fatti presentano in genere una fauna mediterranea.

1085. Sentiamo ciò che dice D'Archiac in proposito dell'America. La fauna terziaria che si raccoglie sulle coste orientali differisce completamente da quella che s'incontra sulle occidentali. La fauna dell'Atlantico era così distinta da quella del Pacifico, che, non solo non si raccoglie una specie commune ai due mari, ma appare anche affatto distinta la serie dei generi. La stessa legge di accantonamento si verifica nell'emisfero australe. La fauna terziaria del sud-Africa non è meno distinta dalla fauna dell'Australia di quello nol siano attualmente fra loro le faune delle due regioni.

1086. È cosa evidente che nello svolgimento della terra nell'èra cenozoica sta la ragione del progressivo accantonamento delle faune marine. Dicasi lo stesso delle faune terrestri. Perchè p. es. i *Dinotherium*, abitatori delle germaniche bassure, non si scoprono in Italia? Certamente perchè il rilievo delle Alpi si opponeva da questa parte alla loro propagazione. Nulla invece impediva la loro diffusione verso le regioni elleniche e viceversa, mentre potevano liberamente propagarsi, seguendo le pianure che formavano nell'epoca pliocenica il littorale del mare Sarmatico, e li guidavano da Eppelsheim a Pikermi o viceversa. Un'altra ragione dell'accantonamento però la troviamo nel clima, il quale si veniva anch'egli alla sua volta, per così dire, accantonando. Abbiamo veduto come un

clima caldo e uniforme regnasse, fino alla fine dell'epoca cretacea, dall'equatore al polo. Ma nell'êra terziaria i diversi climi vanno sempre più accentuandosi, finchè alla fine dell'epoca pliocenica le condizioni climatologiche del globo non appajono molto diverse dalle attuali. L'esperienza ci mostra come le diverse condizioni climatologiche delle diverse regioni sono condizione necessaria dell'esistenza o della prosperità dei diversi animali. Gli animali organizzati per un clima caldo non possono vivere in un clima freddo, e viceversa. L'accantonamento delle faune non si prende per ciò nel senso che i diversi animali, col determinarsi la diversità dei climi, andassero ciascuno ad accantonarsi in una regione, ove trovassero un clima conveniente alla loro organizzazione. No: non si tratta di una fauna che sia andata gradatamente ripartendosi, accantonandosi; trattasi invece di nuove faune create appositamente per sopportare i diversi climi. Nelle êre paleozoica e mesozoica il clima era caldo e uniforme; ed ecco che le diverse faune mantengono l'uniformità o il carattere delle faune tropicali o subtropicali. Nell'êra cenozoica invece, dividendosi progressivamente le diverse regioni in tropicali, temperate e fredde, i tipi tropicali, appartenenti alle diverse faune, appajono sempre più limitati verso l'Equatore: i tipi destinati alle regioni temperate o fredde sono tipi nuovi, sono nuove creazioni: sono generi o specie ignoti alle epoche antiche, e creati appositamente pei nuovi tempi, per le nuove condizioni climatologiche che si andavano stabilendo. Le antiche faune sono faune universali; le moderne sono faune accantonate.

1087. Ma quali erano poi le ragioni di questa differenza di climi che si andava determinando nell'êra terziaria? È un fatto che lo svolgimento dei climi segue così da presso, con tale gradazione, lo svolgimento dei nostri continenti, che riesce affatto superfluo il cercare le ragioni di quello altrimenti che in questo. Sono questi due fatti indubitabili: 1.° che una serie di sollevamenti, o, se vuolsi, un solo sollevamento, con diverse fasi, con molteplici oscillazioni, cominciò sul principio dell'êra cenozoica, e continuò, con foga sempre crescente, dal periodo nummulitico in poi, a produrre il rilievo de' nostri continenti, che era quasi condotto a termine alla fine dell'epoca pliocenica; 2.° che al progressivo sollevamento corrispose un progressivo decrescimento della temperatura dell'equatore ai poli, decrescimento che attinse il suo *maximum*, come vedremo, appena dopo l'epoca pliocenica, cioè nel periodo glaciale. Il primo fatto fu dimostrato a esuberanza; il secondo è espresso dagli animali e dalle piante, che sono altrettanti termometri geologici.

1088. In quel modo stesso che l'eocene ci presenta i mari distesi ancora sopra la maggior parte sulle nostre aree continentali, come nelle epoche

precedenti; così, come nelle epoche precedenti, il clima si presenta uniforme e caldo. Prosperano ancora nelle latitudini più temperate i banchi di corallo. Le nummuliti, fabbricando sotto il mare catene di montagne calcaree, mostrano ora, come sempre i coralli, e in certe epoche i crinoidi, quel vigore secretivo, che esige necessariamente un clima tropicale. Caratteristiche di un clima tropicale sono le conchiglie del bacino di Parigi, del Vicentino ecc. Se parliamo di animali terrestri, richiameremo come i *Palaeotherium* si pongono a lato dei tapiri dell'America equinoziale. Un clima uniforme e tropicale è più ancora certamente attestato dal termometro più sicuro che abbiamo le terre, cioè dalle piante.

1089. L'isola di Shoppy co' suoi frutti fossili, colle sue 13 specie di palme, dimostra come l'Inghilterra godesse nell'eocene di un clima tropicale. Di 180 piante, 55 hanno i caratteri della flora d'Australia, e 28 della flora dell'America tropicale. Ettingshausen ci assicura, che, di 180 specie di piante eoceniche di Haring, 55 hanno il tipo dell'Australia, 28 dell'India orientale, 23 dell'America tropicale, 14 del sud-Africa, 8 del Pacifico, 7 del nord-America e del Messico, 6 delle Indie occidentali, e 5 del sud Europa. Il clima tropicale dell'eocene risulta egualmente dimostrato dalla flora eocenica d'Italia. « Per colpire la fisionomia di questa flora del Monte » Bolca, scrive Heer, bisogna trasportarci colla fantasia sui lidi dei mari » tropicali: là (al Monte Bolca) tra le alghe rosse, che vivono nelle sue » acque, muovonsi eserciti di pesci, il cui carattere indiano è ugualmente » constatato. [1] » E continua di questo tuono a dipingere, come li vedesse, que' fantastici lidi, ombreggiati da foreste di carattere indiano.

1090. È molto rimarchevole il fatto seguente, desunto ugualmente dall'analisi delle flore. Ammesso pure che un clima tropicale regnasse nelle regioni che godono ora di un clima temperato; ammesse le altre specialità che riguardano il clima delle diverse regioni nei periodi terziari; notasi già fin dall'epoca eocenica una distribuzione della temperatura dall'equatore al polo analoga a quella che si osserva attualmente. Se gli strati eocenici del Tirolo svelano una temperatura tropicale, a cui corrisponde una flora preferibilmente australe, gli strati della stessa epoca più a nord, cioè in Inghilterra, indicano un clima più temperato: dunque esisteva, come oggidì, una diminuzione di temperatura da sud a nord. Nella stessa epoca

---

[1] *Recherches sur le climat*, ecc. pag. 80 — G. Müller, come è detto in una nota al passo citato, trova che i pesci del Bolca presentano esclusivamente un carattere indo-orientale. I generi *Gastronemus* Ag. e *Pterygocephalus* Ag. non differiscono dai generi *Mene* Lac. e *Cristiceps* Cuv. dell'oceano delle Indie orientali. Nello stesso oceano si rinvengono ancora viventi i generi *Enoplosus*, *Pelates*, *Scatophagus*, *Zanclus*, *Naseus*, *Amphisile*, *Aulostoma*, *Toxotes*, che si presentano fossili a monte Bolca.

l'America del nord nutriva una flora analoga a quella di un clima subtropicale, che più tardi nel periodo miocenico fioriva in Europa. Ciò mostra che fin da quel tempo il nord-America era, sotto le stesse latitudini, più freddo dell'Europa. Siccome l' obliquità delle linee isotermiche, che si osserva in questo senso attualmente attraverso l'Atlantico, è con tutta certezza da attribuirsi al Gulf-Stream,[1] così si può ragionevolmente conchiudere, che la *Corrente del Golfo* agisse già, nel periodo eocenico, nello stesso senso che in oggi. Infatti la *Carta del periodo terziario del nord-America* tracciata dal Dana ci mostra come il continente americano era già foggiato in guisa che il Gulf-Stream doveva, come oggi, riversarsi sull' Europa. Cavatene di nuovo, per ultimo corollario, l' invariabilità delle leggi che governano la climatologia del globo, e ritenete che alle oscillazioni della crosta del globo anzi tutto deve attribuirsi la varietà dei climi per le stesse plaghe nei diversi periodi della storia del globo.

1091. Il miocene indica un abbassamento di temperatura, un approssimarsi sempre più del clima alle condizioni attuali. Ma un clima subtropicale domina ancora nelle regioni temperate, e un clima assai temperato nelle regioni fredde. Lo provano p. es. la fauna dei *faluns* di Turenna, che presenta un tipo subtropicale, o la barriera corallina del bacino di Vienna (§ 954), ecc. Anche la fauna marina della molassa svizzera indica, sul mezzo del miocene, un clima ancora subtropicale, un clima più caldo di quello che vige attualmente nelle regioni più calde del Mediterraneo. Lo studio della flora miocenica poi ci offre tutti i migliori elementi per giudicare delle condizioni del clima nelle più disparate regioni. Le palme, dice Heer,[2] vivevano ancor presso Bornstedt in Prussia e in Svizzera. Non pare invece che esse attecchissero più in Inghilterra, dove nella flora prevale la fisionomia del nord-America attuale. Secondo Ettingshausen le specie mioceniche di Vienna hanno il tipo, com' egli asserisce, 10 del nord-America, 2 del sud-Africa, 6 delle Indie orientali, 2 dell'Australia, 2 dell' Asia centrale, 6 del sud-Europa, 1 dell' Europa centrale, infine 11 specie tropicali e 13 temperate; ben inteso che si ragiona sempre di somiglianza di tipo, non di identità specie. Anche il Vicentino mostra la permanenza di un clima caldo, ma al tempo stesso una diminuzione di temperatura, in confronto col clima eocenico della stessa regione. Alla flora tutta tropicale di Bolca succede quella di Chiavon e Salcedo. In quelle vergini foreste spiegano ancora gli enormi ventagli le palme; ma i tipi mediterranei già vi abbondano.

---

[1] Volume primo, § 311.
[2] *Flora arctica*, pag. 75.

1092. Ma per le questioni risguardanti il clima terziario il fatto più concludente è, come per l'epoca cretacea, l'esistenza di una *flora artica*. Dicevamo, parlando della flora cretacea, che una flora terrestre vale assai meglio di una fauna marina a illuminarci sulle vere condizioni climatologiche di un'epoca qualunque. Dopo le flore tropicali dell'epoca carbonifera e dell'epoca cretacea, ecco ancora il polo incoronato da vergini foreste, che, irradiandosi per ogni parte verso le regioni più temperate, sombrano ricoprire d'una sola foresta tutto l'emisfero boreale. In epoca che si può dire, parlando il linguaggio del geologo, a noi così vicina, quale contrasto offrono quelle regioni, con quelle che le regioni stesse ci presentano attualmente! Quelle terre si presentano ora alla nostra immaginazione come un fantasma di terrore. Un mantello di eterni ghiacci le ricopre. Nessuno ha misurato la potenza di quella crosta che stringe tanta parte dell'emisfero in un gelo perpetuo. Il mare è di ghiaccio, e i frammenti che se ne staccano sono montagne. La vegetazione si arresta quasi atterrita sul limitare di quelle inospiti contrade. Sappiamo in fatti che la Groenlandia è spoglia interamente di alberi d'alto fusto, e sparsa soltanto di meschini cespugli. L'arcipelago artico americano è spoglio anche di questi. Sul continente americano alcuni alberi di alto fusto, come il *Pinus alba*, si spingono lungo il Mackenzie fino al 69° di latitudine; ma non ci arrivano che piccoli e stenti. Tanto ci è reso noto da Heer, il quale, passando in rassegna tutte le artiche regioni, la Groenlandia, lo Spitzberg, il Nord-Islanda, e tutte le terre più settentrionali dell'America e dell'Asia, le trova spoglie di alberi di alto fusto. Anche i cespugli sono una ben meschina cosa. Il limite delle piante d'alto fusto coincide in media col cerchio polare. Se lo sorpassa appena talora sopra alcuni punti dell'Asia e dell'America, per compenso sopra altri punti non lo raggiunge nemmeno.

1093. Mirate ora come il miocene dissolve quel quadro di terrore in un paesaggio dei più ameni. Tutte quelle terre ridono sotto un mantello di lussureggiante verzura: è un quadro di vergini foreste, di ruscelli d'argento, di laghi di smeraldo, di mari di zaffiro sommossi da tepidi venti. Prescindendo da altri riflessi, basta la potenza della vegetazione a dimostrarci come nell'epoca miocenica godessero le regioni polari d'un clima assai mite. Ricorderete senza dubbio le montagne di carbone che sorgono nella terra di Bauk, fra il 74° e 75° di latitudine (§ 994), vere meraviglie della natura. Le foreste, che ricoprono il bacino del Mississipi, e, scalzate dal fiume, intrecciate in zatte colossali, vengono a formare mostruose cataste di legname alle sue foci, rispondono per bene all'ideale di quelle foreste, che ricoprivano nel miocene le terre polari e formarono le cataste della terra di Bank, delle coste della Siberia, o di tutte quante le regioni polari.

1094. È singolare la ricchezza di quella flora. Lo Spitzberg diede egli solo l' ingente cifra di 132 piante mioceniche, che vanno ripartite in 38 famiglie. Vi si notano almeno 14 specie di abeti e 12 di pino. La Groenlandia ne diede 137. Il totale della flora miocenica artica è ora rappresentato, secondo Heer, da 194 specie. Gli abeti vi rappresentano l'essenza predominante; ma vi hanno crittogame appartenenti alle famiglie dei funghi, delle felci, degli equisseti. Tra le conifere si aggiungono agli abeti pini e cipressi in gran numero. Le monocotiledoni sono rappresentate specialmente da graminacee: le dicotiledoni finalmente vi contano salici, betulle, olmi, platani, eriche, magnolie, aceri, tigli, noci, pomi, mandorli ecc. Si nota però come vi facciano difetto le palme e i cinnamomi, che son pure così sparsi nel miocene d' Europa, dove il clima doveva essere naturalmente più caldo.

1095. Cercando ora ove esista una flora che ricordi la flora miocenica delle regioni polari, bisognerà che ci portiamo anzi tutto al di quà del cerchio polare, che segna, come abbiam detto, il limite settentrionale delle piante d' alto fusto. Fatto questo, e attenendoci sempre agli studî di Heer, troviamo che il limite nord dei faggi oscilla fra il 50° e 57° di latitudine. È in via affatto eccezionale che raggiunge il 63°. I platani giungono fino al 50°; toccano eccezionalmente il 56° in qualche località dove la temperatura del mese più caldo si mantiene fra il 16°, 4' o il 17°, 9' centîg. I tigli stanno di confine tra il 56° e il 62° in località dove il mese più caldo offre una temperatura di 14°, 8' a 16°, 15'. Il tiglio americano, specie prossima al tiglio fossile dello Spitzberg, sorpassa appena il 50° di latitudine. I *Taxodion* (cipressi) attuali, indigeni dell'America, non vi raggiungono che il 40° di latitudine. Si coltivano però in Europa a cielo aperto fin sotto il 53° di latitudine, dove la temperatura del mese più caldo è di 16° a 18°, 6'. Concludendo da questi dati dobbiamo ritenere che la flora miocenica in confronto dell'attuale guadagna almeno da 10 a 12 gradi di latitudine settentrionale; cioè che le piante mioceniche sorpassavano di 10 a 12 gradi geografici i limiti settentrionali delle piante analoghe che vivono attualmente. Con altre parole le piante che ora si arrestano in media verso il 57° di latitudine, avrebbero potuto allora avanzarsi fino tra il 77° e il 79°.

1096. Si consideri però come è affatto probabile che noi non conosciamo punto il limite settentrionale della flora miocenica. Il 79° di latitudine segna approssimativamente il limite delle esplorazioni; ma non v' ha argomento che ci faccia nemmeno sospettare che questo limite corrisponda a quello delle piante di alto fusto nell' epoca miocenica. Tutto invece ci induce a credere che la flora miocenica si avanzasse fino al polo; che il

polo, quand'egli non fosse stato in allora coperto per avventura dal mare, sarebbe apparso anch'esso vestito di rigogliosa vegetazione. Volendo dedurre le condizioni del clima miocenico dal confronto tra i limiti reali della flora attuale e i limiti della miocenica, che non possono in nessun modo come reali ritenersi; noi non adoperiamo termini pari, e il confronto non reggo. Noi possiamo tutt' al più fissare un *minimum* di temperatura o annualo o estiva, che era necessario perchè nelle regioni polari vivessero quelle piante che ora ci si presentano fossili. Ma le piante viventi, analoghe alle mioceniche delle regioni polari, si spingono, anzi prosperano molto al di quà dei limiti settentrionali che Heer loro assegna. In Italia, p. es. dalle regioni più settentrionali alle più meridionali, dalle Alpi al mare, noi troviamo vegete e dense la maggior parte delle essenze che costituiscono la flora miocenica artica. Bisogna dunque partire da altri dati per conoscere se le piante mioceniche trovavano nelle regioni polari, p. es., sotto il 79° di latitudine, soltanto le condizioni della loro esistenza o anche quelle della loro prosperità; se il clima miocenico delle regioni polari era soltanto un clima sufficiente o non anzi un clima esuberante; per sapere insomma se le terre polari, non certamente fredde nell' epoca miocenica, fossero sotto il 79° di latitudine temperate o calde.

1097. Il complesso dei fatti mi induce a credere che, durante il miocene, le regioni polari godevano di un clima temperatissimo, e che le piante vi trovavano non solo il sufficiente, che è necessario alla loro esistenza, ma l'esuberante, che è condizione della loro prosperità. Fissiamo meglio dapprima gli estremi necessarî all' esistenza della flora miocenica, e cominciamo perciò a osservare nella seguente tabella quali siano, per rapporto alla temperatura, le condizioni climatologiche delle terre artiche, per dedurre, con Heer, il *minimum* sufficiente all'esistenza della flora attuale, che si considera come analoga alla flora miocenica.

Tabella delle temperature delle regioni artiche. [1]

				Media annuale.	Del mese più caldo.	Del mese più freddo.
America	Capo Franklin . . .	65°12′	latitudine	— 8°,24	+ 11°,2	— 30°,2
	Isola Melville	74°47′	»	— 17°,09	+ 5°,8	— 35°,8
	Baja di Merus . . .	74 6′	»	— 17°,87	+ 2°,61	— 38°
Groenl.dia	Jacobshavsn	69 12	»	— 5°,91	+ 7°,4	— 19°
	Omenak	70°41	»	— 7°,65	+ 6°,1	— 22°,05
	Wolstenholme-Sund.	76 30	»	— 15°,25	+ 4°,74	— 36°,67
Islanda . .	Reykjavik	64 8	»	+ 4°	+ 13°,5	— 2°,1
Norvegia .	Alten	69 57	»	+ 1°,31	+ 13°,2	— 8°,95
. . . .	Spizberg.	78°	»	— 8°,6	?	?
. . . .	N. Semlja	70 87	»	— 9°,5	+ 3°,06	— 23°,72
Siberia . . .	Iskutsk	62°	»	— 10°,90	+ 17°,36	— 40°,76

[1] Questa tavola è l'estratto di una più copiosa pubblicata nella *Flora fossilis arctica*.

1098. Da ciò che abbiamo riferito (§ 1095) sul limite attuale di diverse essenze nelle diverse regioni polari, e da altre osservazioni comparative molto più estese e minute, il signor Heer conchiude che i limiti delle piante d'alto fusto non sono punto fissati, nè dalle medie temperature dei luoghi, nè dalle minime, ma dalle massime. Basta cioè che in un dato sito ci sia un estate caldo, superiore a + 9° cent. e vi duri un tempo sufficiente alla fioritura e alla fruttificazione delle piante d'alto fusto, perchè esse vi si stabiliscano, benchè quella stessa località sia esposta ad inverni rigidissimi. La linea isotermica estiva + 9° segnerebbe dunque il limite preciso delle piante d' alto fusto.

Osservando la tabella, la temperatura richiesta non si verifica oltre il 65° che, in via affatto eccezionale, in Norvegia ove passa il 69°. Si può quindi ritenere con Heer, stabilendo una media, che il limite di possibilità dell' esistenza di piante analoghe alle mioceniche artiche è il 67° di latitudine. Ciò vorrebbe dire in altre parole che le regioni polari dovevano godere nel miocene *almeno* di quella dolcezza di clima, di cui godono attualmente i paesi a sud del 67° di latitudine, p. es. la punta meridionale della Groenlandia, l'Islanda, la media Scandinavia, la regione dei grandi laghi del Nord-America, ecc. Ho detto *almeno*, perchè si intenda che il 67° di latitudine segna veramente il limite della possibilità, nel senso cioè che un clima più rigido di quello che vige attualmente sotto il 67° di latitudine avrebbe reso assolutamente impossibile l' esistenza delle piante d'alto fusto nelle regioni polari. Ma altro è il vivere, altro il prosperare. Un inverno lungo e crudo deve impedire la prosperità delle piante, benchè una corta estate basti a renderne possibile l' esistenza. Noi vediamo in fatti come nelle latitudini più avanzate verso il 67° le piante d' alto fusto crescono rade e stente. La flora miocenica artica mostra ben altro. È una flora lussureggiante, meravigliosa del pari per la varietà che per la robustezza. Quando abbiam detto che il polo si trovava nel fitto di una vergine foresta, non abbiamo detto nulla di più del vero. I potenti letti di lignite in tutte le artiche regioni, le montagne di legname della Siberia e della terra di Bank, dicono, non una flora rada e stenta, ma fitta, rigogliosa, esuberante.

1099. Il dubbio che quel legname accatastato venisse da lungi, e non potesse quindi pigliarsi come misura del clima delle località ove trovasi attualmente, fu già risolto negli ultimi §§ del Cap. XXIV. La flora artica cresceva in posto, o le sue spoglie erano fluitate da località ben poco lontane. Bisogna dunque concludere che il clima delle regioni artiche nell' epoca miocenica era assai più mite di quello che regna attualmente nelle regioni prossime al 67° di latitudine. Non diciamo un clima

nè tropicale nè subtropicale; ma almeno il clima dell' Italia settentrionale; il clima dei nostri laghi, dei nostri monti, delle nostre foreste, ove si addensano gli abeti, i pini, i faggi, i castagni, i noci, le quercie, i pioppi.

Ad ogni modo la temperatura esterna nelle regioni artiche era scemata d' assai, a partire dalla fine dell' epoca cretacea, in cui trovammo prospera una flora tropicale fin verso il 71° di latitudine. Se poi osserviamo la flora miocenica artica in rapporto colle flore contemporanee d' altri paesi, ecco risplendere due fatti meritevoli di molta attenzione. Il primo è che esisteva una ben decisa gradazione di temperatura fra l' equatore e il polo: il secondo che il clima si manteneva però ancora assai più uniforme dell' attuale. Per questi due fatti l' epoca miocenica (diciamo l' êra terziaria in genere) si colloca, nei rapporti meteorologici, fra le êre più antiche (paleozoica e mesozoica) e le êre più recenti (neozoica e antropozoica). Quale è in fatti il carattere del clima nelle epoche più antiche? L'uniformità. Un clima tropicale o subtropicale regnava sotto tutte le latitudini dall' equatore al polo. Quale è il carattere del clima nell' epoca attuale? La differenza stabilita da un decremento rapido della temperatura dall' equatore ai poli. L' epoca miocenica mantiene ancora, ma assai diminuita, l'uniformità dei climi antichi, e accusa, non ancora così decisa, la differenza dei climi attuali.

1100. Diamo, p. es., alle regioni polari fra il 70° e il 75° di latitudine; la temperatura media dell' alta Italia: circa 12° centigr., mentre la temperatura di quelle regioni può ora ritenersi di circa — 12° centigr. La temperatura media delle regioni equatoriali si mantiene ora, con molta costanza, sul 27° approssimativamente. Volendo stabilire per l' epoca miocenica la stessa progressione che si verifica attualmente dal 75° di latitudine all' equatore, se questa è ora da — 12° a + 27°, quella dovrebbe essere da + 12° a + 51°. Temperatura veramente enorme, mentre anche nel cuore della stagione estiva, la temperatura delle regioni equatoriali si mantiene in media fra il 25° e il 30°. Ma l'indicata progressione è ben lungi dal verificarsi nell'epoca miocenica, mentre abbiamo veduto (§ 983) come la flora terrestre e la fauna marina di Giava vi attestano appunto nell' epoca miocenica un clima che si può stabilire identico all' attuale. La progressione dunque della temperatura dal 75° di latitudine all'equatore non era già da + 12° a + 51°, ma di + 12° a circa + 27°. In luogo di una ascensione termometrica di 39° centigr., non si verificava che una ascensione di 15° centigr. Il clima era dunque allora assai più uniforme d'adesso. Se la temperatura, da 0° a 75° di latitudine, perde ora circa 39° centig., quindi circa 2° centigr. al grado; allora ne perdeva soltanto 15°,

quindi $\frac{1}{5}$ per grado, ossia 1° centigr. per ogni 5 gradi di latitudine.[1] Mantenendo la stessa progressione, arriveremmo al polo con una media di circa + 9°, cioè col clima della Svizzera e della Germania. Se quindi esisteva al polo una terra, questa doveva coprirsi di foreste. Anche Heer è d'avviso che le terre artiche, ove si raccolse la flora miocenica, non segnano punto i limiti più settentrionali di essa. Osserva in proposito come allo Spitzberg, sotto il 77°, si scoprano diverse piante, per es., platani e tigli, che si arrestano in oggi 15 gradi più a sud dei limiti delle piante d'alto fusto. Le piante d'alto fusto potevano dunque, nell'epoca miocenica, avanzarsi 15 gradi più in là del 77°, cioè sovorchiare il polo di due gradi, il che vuol dire trovare al polo condizioni esuberanti di vita.

1101. I due fatti dimostrati: 1.° della semplice diminuzione della temperatura dall'equatore al polo, 2.° della maggiore uniformità in confronto col clima attuale, vengono accertati dal confronto tra la flora miocenica artica e la flora contemporanea delle attuali regioni temperate. Per la maggiore uniformità stanno le molte piante artiche rinvenute nei depositi contemporanei delle regioni temperate. L'isola Disko su 14 specie ne vanta 8 del mioceno inferiore d'Europa. In Groenlandia, sotto il 70° di latitudine, si raccolsero 39 specie appartenenti ai depositi miocenici della Germania, della Francia, del Vicentino, della Toscana, della Romagna. Lo Spitzberg vanta 11 specie del miocene della Svizzera, 8 d'Italia, 2 di Grecia. Tre specie europee si trovano negli strati del Mackenzie. Non parlo delle analogie che stringono ancor più il nodo tra la flora mioce-

---

[1] I calcoli di Heer, per stabilire il clima miocenico, sono posti sopra un'altra base. Anch'egli ammette, com'è ben naturale, una maggiore uniformità, cioè una diminuzione meno rapida dall'equatore al polo. Siccome però parte dai limiti settentrionali di certe piante, stabilisce cioè le condizioni del clima necessarie alla semplice esistenza, e non già quelle esatte dalla prosperità di una certa flora; riesce ad avere una differenza assai minore fra il clima miocenico e l'attuale, cioè per l'epoca miocenica una diminuzione di temperatura assai più rapida di quella che risulterebbe dai nostri calcoli, pei quali è ammesso, come punto di partenza, il clima necessario, non solo all'esistenza, ma anche alla prosperità della flora. Inoltre egli parte dalla Svizzera, in luogo di partire dall'equatore, il quale presenta pure un punto di partenza così sicuro e che si prestava a deduzioni più universali. In fatti è dimostrato che il clima vi si mantenne costante dall'epoca miocenica (probabilmente da epoche più antiche) fino a oggi, mentre variò nella Svizzera e in tutte le regioni temperate. Per questa via l'illustre fitologo giunge a stabilire una diminuzione di 0°, 5 centigr al grado, cioè di 2°, 5 per ogni 5 gradi di latitudine, in luogo di 1° centig. da me calcolata in via approssimativa. Con ciò avremmo per l'epoca miocenica, fra il 70° e il 75° di latitudine, una media annuale approssimativa di + 10°, in luogo di quella di + 12° da me ritenuta. Abbiamo accennato (§ 1095-1097) le ragioni che ci inducono a fare eccezione al modo di vedere dell'autore. In ogni caso i calcoli di Heer non servirebbero che a stabilire un *minimum* della temperatura necessaria per spiegare l'esistenza della flora miocenica nelle regioni polari, e lascerebbero intatta la questione se e di quanto quella temperatura soverchiasse detto *minimum*.

nica artica e quella delle regioni temperate, sicchè è permesso conchiudere, salve le debite restrizioni, che una stessa flora regnava tra il 38° e l' 80° di latitudine. [1] È molto riflessibile il fatto di tre piante viventi che si trovano negli strati miocenici dello Spitzberg. Sono il *Pinus abies*, la pianta resinosa predominante nelle nostre Alpi: il *Pinus montana*, che vive ugualmente nelle Alpi, e il *Taxodium disticum*, vivente nel Messico. Queste specie, che poterono propagarsi e prosperare fino ad oggi nelle regioni più temperate, ci autorizzano ad assegnare al clima miocenico le condizioni del clima attuale delle Alpi e del Messico; confermano ciò le nostre vedute già esposte in proposito.

1102. Quanto all'altro fatto della sensibile diminuzione della temperatura dall' equatore al polo, il confronto tra la flora miocenica artica e la flora contemporanea d' Europa lo dimostra abbastanza colle palme ancora lussureggianti in Svizzera, Francia, Germania e Italia, mentre sono affatto straniere alle regioni artiche. Le palme viventi allora in Europa trovano viventi le specie analoghe nelle regioni più calde del Mediterraneo, nelle Antille, nell'America tropicale. [2]

1103. Col pliocene il clima si appressima sempre più all' attuale, il quale si può dire effettivamente stabilito sulla fine dell' epoca cenozoica. Il raffreddamento era già in via di sensibile progresso sulla fine dell' epoca miocenica. In fatti i bacini lignitici più recenti in Boemia, benchè conservino ancora qualche specie di fisonomia subtropicale, contengono una flora ove prevale la fisonomia mediterranea. Il pliocene segna un' epoca lunghissima, durante la quale continua, collo svolgimento delle terre, l' abbassamento della temperatura, o per dir meglio il suo rapido decremento dall' equatore ai poli.

1104. Tra il clima pliocenico e l' attuale non esiste certamente quel divario per cui, come nel periodo miocenico, si coprissero di foreste di palme le latitudini del Lombardo-Veneto; ma resta pur sempre provato che, sotto le medesime latitudini, il clima pliocenico era più caldo di adesso. Tra le conchiglie marine abbondano i generi che attualmente popolano regioni più calde (*Cypræa*, *Mitra*, *Conus*, *Fusus*, *Pyrula*, *Terebra*, ecc.); ma per lasciare da parte ogni altro argomento, consultiamo il più sicuro forse tra i termometri geologici, voglio dire i coralli. I banchi di corallo, ossia quelle specie sociali che col loro illimitato sviluppo edificano le smisurate moli onde è irto il fondo degli oceani, sono limitati alla zona torrida.

[1] Prendo per limite meridionale Kumi in Grecia, fra il 38° e il 39°, e per limite settentrionale il Bellsund allo Spitzberg, tra il 77° e il 78°.

[2] Vedi il Catalogo in fine all' opera di Heer *Recherches sur le climat* ecc.

Ciò non impedisce però che si trovino banchi di coralli, aventi qualche sviluppo ben oltre i confini della zona torrida. D' una *Cladocora*, per esempio, proveniente da Lesina (Dalmazia), tra il 42° e il 43° di latitudine settentrionale, possiede il Museo di Milano saggi che accusano uno sviluppo considerevole. Ma una *Cladocora* (probabilmente la *granulosa* Goldf.) assai affine alla vivente nell'Adriatico, si trova fossile negli strati pliocenici di San Colombano e a Castenedolo presso Brescia, tra il 45° e il 46°. A San Colombano formava, come dimostrai altrove, un banco tale da potersi paragonare agli attuali che crescono nell' Oceano Indiano. Indubbiamente adunque il clima attuale dell' Italia meridionale regnava allora nella settentrionale. Grandi masse di travertino nell'Italia centrale, che rimontano probabilmente al principio dell'êra neozoica, segnalata, come vedremo, da un raffreddamento di clima assai maggiore, contengono una flora composta di platani, liriodendri, lauri, palme, generi insomma che accusano ancora un clima un po' più caldo dell' attuale, a cui, ne' travertini più recenti, si sostituiscono le quercie, i pini, i castagni, indizio di un clima anche più freddo di quello che vige attualmente sotto le stesse latitudini.

1105. Anche Heer nota come la flora toscana, ritenuta pliocenica, della Val d'Arno, di Castro, e di Val-d' Era, benchè contenga un buon numero di specie appartenenti al miocene superiore, le quali direbbero un clima più caldo, consta del resto di piante, le quali potrebbero vivere in un clima molto temperato. È però sempre vero, secondo Heer, che quella flora accusa un clima un pochino più dolce dell' attuale.

1106. In fine tutti si accordano in questo che l'êra terziaria si chiudeva in condizioni climatologiche molto prossime alle attuali: sicchè possiamo conchiudere, che lo svolgimento dei continenti attuali produsse un graduale passaggio dalle condizioni climatologiche delle epoche precedenti a quelle che si verificano in oggi: che all'uniformità d' un clima tropicale o subtropicale, con poco decisa degradazione dall'equatore ai poli, si sostituirono la varietà e la rapida degradazione che caratterizzano il clima attuale: che alla fine dell'epoca pliocenica soltanto apparvero ben accusate le diverse zone di temperatura, secondo le latitudini, o stabilite le linee isotermiche approssimativamente come al presente.

Così si può dire omai compita la creazione del nostro mondo; dell' edificio stupendo, ove l' uomo è chiamato a regnare. Ma a quella progenie, destinata a vivere col sudore della fronte, manca ancora assai. Dei continenti in fine non esiste che lo scheletro. Chi riveste di fertili zolle le ignude pendici? Chi crea gli ubertosi piani, ove scorra l' aratro, ove fio-

riscano i prati e biondeggino le messi? Chi distende gli immani delta, ove si addensino le popolazioni, ove crescano, con progressivo splendore, le civiltà delle nazioni? Sarà l' uomo costretto sempre a disputare un covo alle belve nelle montagne?... L' êra neozoica si avanza a dare l' ultima mano alla grand' opera de' secoli.

CAPITOLO XXVII.

PERIODO GLACIALE OSSIA EPOCA PRIMA DELL' ÊRA NEOZOICA NELL' ALPI.

1107. L' êra neozoica è un êra tutta continentale. Al suo aprirsi la superficie del globo ora già foggiata come la vediamo al presente, co' suoi mari, colle sue terre. L' uomo che trova, negli strati che compongono le montagne, i fondi degli antichi mari, vede sui fondi dell' êra cenozoica ancora disteso il velo dei mari attuali. Ristretta quasi unicamente alla superficie dei continenti, ove la stratigrafia non serve quasi più a nulla, la geologia ha bisogno di altri criteri, come quella che vede i depositi piuttosto scomporsi che formarsi. Rimangono ancora alla geologia stratigrafica i prodotti delle acque incrostanti, le alluvioni o altre formazioni, che si addossano alla superficie del globo. Ma trattasi di formazioni o ristrotte, o irregolari e mutabili, per cui a ogni modo sarebbe assai angusto il campo che la nuova êra lascia allo stratigrafo. Per buona sorte ecco un nuovo agente, estraneo alla geologia delle epoche andate, forse estraneo alla natura terrestre, che si presenta per la prima volta al geologo, e colle vaste indelebili tracce della sua azione potente lo guida entro gli oscuri penetrali dell' epoca nuova. Questo agente è il ghiaccio.

1108. Ho detto che il ghiaccio è un nuovo agente pel geologo. Ne scoprimmo forse gl' indizî nei terreni finora studiati? [1] Ho detto anche che il ghiaccio è forse un nuovo agente per la natura terrestre; sarebbe cioè una forma nuova di un agente antichissimo, anzi del primario fattore della dinamica terrestre. È l' acqua che nell' êra neozoica ci appare sotto una nuova forma. Trattandosi di una forma accidentale, nulla ci obbliga a credere che essa siasi determinata nelle epoche più antiche. Anzi quanto di più certo ci è noto circa la temperatura esterna del globo, nelle epoche

1 Alcuni massi nelle formazioni terziarie del Piemonte furono sospettati dal prof. Gastaldi come provenienti da ghiacciai. Essi mancano però delle principali caratteristiche per dare fondamento a tale sospetto.

anteriori alla neozoica, esclude affatto la possibilità dell' esistenza del ghiaccio sulla terra. Il ghiaccio non potova formarsi, e quando avesse potuto formarsi, non avrebbe potuto mantenersi che quando la temperatura esterna fosse discesa o si fosse mantenuta al di sotto di 0°; quando insomma alcune regioni della terra si fossero trovate nelle condizioni climatologiche in cui si trovano attualmente le regioni polari e quelle che sovrastano al livello delle nevi perpetue. Ma noi trovammo il polo ombreggiato da tropicali foreste fino al termine dell' epoca cretacea. Vergini foreste lo rivestono ancora nell' epoca miocenica. Nel pliocene, cioè sulla fine dell' êra cenozoica, il clima si mantiene ancora più mite dell' attuale. Forse poterono allora coprirsi di nevi e di ghiacci le supreme vette delle Alpi, o le regioni artiche più inoltrate; ma i ghiacciai pliocenici sarebbero rimasti pur sempre più poveri degli attuali. Quali indizi pertanto ci potevano lasciare della loro esistenza? I ghiacciai pliocenici non sarebbero, nel supposto, che gli attuali, ridotti entro più angusti confini. Se tornasse il clima pliocenico, i nostri ghiacciai, ridotti alle vette più eccelse, o ricacciati verso il polo, ci rappresenterebbero i ghiacciai pliocenici, aventi una sfera d'azione così limitata da non potersi altrimenti considerare, che come un fenomeno affatto parziale. Ci crediamo dunque autorizzati a ripetere che il ghiaccio è un elemento nuovo, in quanto che, forse la sua esistenza, certamente il suo sviluppo come agente tellurico, data dal principio dell'êra neozoica, di cui riesce la principale caratteristica. Fu col principio dell' êra cenozoica che le condizioni climatologiche permisero ai ghiacchiai di essere, di avanzarsi, di invadere una gran parte della terrestre superficie, finchè nuove modificazioni del clima imposero a loro la ritirata. Fu allora che i ghiacciai si restrinsero agli attuali confini oscillanti, lasciando sulle invase regioni le indelebili traccie del loro avanzamento e della loro ritirata, che il geologo addita colla stessa certezza, colla quale mostrò fuora sulle terre le traccie degli antichi mari.

Questo doppio fenomeno caratterizza l'êra neozoica, non solo per la sua novità, ma anche per la sua importanza. L' epoca glaciale servì come di finimento al lavoro delle epoche anteriori: diede l'ultima mano al grande edificio che i secoli tutti ajutarono a erigere e ad approvvigionare, perchè il genere umano vi abitasse e vi trovasse tutte le riprese che la fisica natura potesse fornire allo sviluppo di una nuova natura; la natura intellettuale e morale.

1109. Lo sviluppo dei ghiacci nell'êra cenozoica è fenomeno universale. Vedremo come tutte le regioni del globo offrono gli indizi dell'avanzamento de' ghiacciai terrestri e marini, ben oltre i confini ove oscillano attualmente. Ma per meglio studiare il fenomeno nelle sue interessanti particolarità,

arrestiamoci per ora alla regione delle nostre Alpi, che gli studi fecondissimi di un gran numero di geologi hanno resa veramente tipica per rapporto al fenomeno di cui ci occupiamo. Prevengo il lettore che non si accinga a leggere i seguenti capitoli, se non ricorda, o, nel caso, non abbia prima riletti il XII e il XIII del *Volume primo* (Parte prima) ove trattammo della dinamica dei ghiacciai terrestri e marini, e studiammo i fenomeni che ne devono rilevare la cessata esistenza ne' luoghi da loro, anche da molti secoli, abbandonati.

1110. Chi, meno di noi uso a contemplare la bellezza della natura che ci presenta la regione che ne circonda, getti uno sguardo sulle nostre contrade, deve rimanere colpito dalla singolarità del paesaggio che gli si presenta. Il paesista direbbe la Lombardia il paese dei contrasti. L' immensa pianura è d' improvviso contornata, guardando a nord, da una cerchia di morbide colline: il verde dei boschi, la vegetazione lussureggiante ne rende più sentito il rilievo, il quale si mostra ancor più vivace, a contorno così deciso, quando si projetta sulla catena delle Prealpi che biancheggiano ignude dietro ai colli, come mucchi di cenere, come scheletri di montagne. Dietro loro ancor più lontano si disegna nell'azzurro del cielo la bianca zona delle Alpi, coperte di nevi eterne.

1111. Qual' è il motivo di tale contrasto? La ragione non ne è semplicemente fisica, ma anche geologica. Per ora fermiamoci unicamente alla zona delle colline, che forma quasi il tratto più caratteristico del quadro. Perchè sono sì fertili? Se le esaminiamo ove più sontuosa è la vegetazione, le troviamo formate o almeno coperte da terreno detritico, di natura assai mista, ricco di tutti gli elementi che possono favorire lo sviluppo della vegetazione. Donde quel detrito?

1112. Nuovo problema ci presentano quei massi sparsi nell'alta Lombardia in modo apparentemente così bizzarro da richiamarci le mitologiche battaglie dei giganti. I campi, i colli, le valli sono seminati di quei massi informi che nulla ritraggono dalla natura dei monti circostanti. Sono graniti, serpentini, dioriti, porfidi, ecc., giacenti sovra monti di calcari, di dolomie. D'onde ci vennero quei massi? Se ci giunsero dalle Alpi, come navigarono attraverso i nostri laghi? Come si aggrapparono all' altezza di Pravolta, di Cainallo, del Mongagli, ecc.? D'onde ci venne per esempio quel masso di granito sopra Valmadrera che giace a 1200 piedi sopra il livello del lago di Como?

Se attraversiamo le Alpi lo stesso fenomeno ci si presenta, benchè con qualche differenza di carattere. Cumuli detritici sono allineati sull'opposto versante delle Alpi, e di massi erratici è tutta seminata la catena del Giura.

1113. Molte ipotesi furono messo in campo per spiegare quegli ammassi detritici, i quali erano confusi convenzionalmente sotto il nomo di *alluvione antica*, c quei massi dispersi, a cui si diedo il nome di *terreno erratico*.

La teoria delle *alluvioni* è la più antica. Fu sostenuta da Saussure e da De Buch. Grandi correnti da nord avevano disperso i detriti dello Alpi. I grandi massi, tenuti in sospensione dalla possa eccezionalo delle correnti, valicarono i laghi, e attinsero enormi altezze sui fianchi dei monti. Per rendere l'ipotesi più ragionevole altri suppose correnti fangose, ed altri fece imprimere da violonti cascate tali salti ai massi, da poter essere lanciati ben alto sui fianchi degli opposti monti. Non staremo a confutare un'ipotesi cho non regge un istante a fronte dell'analisi dei fatti. Le ragioni del resto che porteremo in appoggio della teorica che noi adottiamo sono altrettanti argomenti per escludere l'ipotesi alluvionalo. L'obbiezione però che ci si presenterà più immediata contro l'ipotesi è il fatto della esistenza di laghi profondi tra lo Alpi d'ondo trassero origine i massi erratici, c il Giura o le Prealpi lombardo dove essi giaciono attualmente. Come spiegare, p. es., un masso di migliaja di metri cubici che, travolto da una corrente dalle alture della Valtellina, sorvoli sopra un abisso di oltre 300 metri, qual'è il lago di Como davanti al monte San Primo, o si arrampichi forse un migliajo di metri sulla montagna? La cosa parve, così impossibile a Dolomieu, che pretese i laghi di Ginevra o di Neuchâtel esser stati scavati postoriormente alla dispersione dei massi erratici. Ma come? da quale agente, capace di scavare un abisso nella viva roccia, incapace di sturbare un masso libero sulla sponda?

1114. Altra ipotesi che fece fortuna fu quella dei *ghiacci galleggianti*. Il mare si insinuava nei recessi delle Alpi: coll'abbassamento della temperatura le *montagne di ghiaccio*, staccandosi dalla ghiaccia polare, venivano, cariche di dotrito, a dar fondo sulle Alpi e sul Giura. Era la teorica di Lyell. Si preferiva far subiro a tutta l'Europa un abbassamento di migliaja di metri, da taluni anzi la si affogava tutta nel mare, piuttosto che ammettere che i ghiacciai delle Alpi si fossero spinti a un centinajo di chilometri fuori dei loro limiti attuali.

1115. Altri immaginò che da vulcani alpini, da cui originarono le grandi masse eruttive delle Alpi, i massi fossero stati balestrati fino agli opposti confini del Giura. Ma dove esistono i crateri di sì poderosi vulcani? Eppure quei vulcani dovevano pur essere ben recenti, se i massi slanciati si trovano ancora affatto alla superficie del suolo.

1116. Se all'epoca in cui si emisero tali ipotesi si fosse meglio conosciuta la dinamica de' ghiacciai, non si sarebbe al certo ito così lontano

a cercare la ragione di fatti che si trovava così vicina, ovvia, naturale. Una volta iu fatti che si fosse conosciuto il fenomeno delle oscillazioni glaciali, e la possibilità di nn avanzamento indefinito, l' osservazione non avrebbe tardato a prestare a esuberanza i fatti, i quali mostrano così evidentemento uno straordinario progresso dei ghiacciai in epoca lontana. Al più modiocre osservatore non potevano sfuggire qnelle morene, qnelle rupi lisciate, arrotondate, striate, quegli apparati glaciali, insomma, identici agli attuali, che s' incontrano a più riprese, ascendendo dal piano fino alle alpine vette, ai confini dei ghiacciai attuali. Scelga il lettore a suo talento qualunquo delle valli alpine, che termini a monte con un ghiacciajo. Rimontando quella valle egli s' imbatterà hon presto in grossi massi, a spigoli acnti, giacenti sul suolo se fa uopo a centinaja di chilometri lontani dalla montagna matrice: vedrà dello collino di caotico detrito, che accennano a sbarraro la valle, e altre perfettamente somiglianti a diversi livelli sui pendii delle montagne, che fiancheggiano la valle: osserverà, fino a nn certo livello, arrotondate, lisciate, striate, quolle stesse rupi, che più in alto si slanciano in aguglie acnte e dentate. In fine dovrà dire a sè stesso: qui non manca che il ghiacciajo, perchè l' apparato glaciale sia completo: e il ghiacciajo cercato lo troverà là in fondo, esule dagli antichi confini, ma ancora in atto di erigere morene, di lisciare, arrotondare, striare. Wenetz si era già accorto che i ghiacciai dello Alpi erano un giorno usciti dai loro confini, o aveva già da lungo tempo additate tre antiche morene a 7000 piedi del ghiacciajo di Trelatête nella valle di Mont-Joye, una laterale a 8000 piedi dal ghiacciajo di Salénaz nel Vallese, tre ugualmente laterali sotto l' Ospizio del Sempiono, a circa tre miglia dal ghiacciajo di Sirvolten, e nna a 12000 piedi dal ghiacciajo di Viesch.

1117. Ma qnesti fenomeni erano sfuggiti agli osservatori più oculati; sfuggiti al De-Buch, cho aveva studiato così profondamento il fenomeno della dispersione dei massi alpini, accompagnandoli passo passo nella loro lunga peregrinazione dalle Alpi al Giura.

Charpentier ha l' onoro d' aver messo in lnce una teorica cho, immediatamente, diede ragione di tntti i fatti più inesplicabili, nna teorica feconda di applicazioni, che segna nna grand' epoca nella geologia. È singolare cho il germe di una tale teoria si deponesse nella mente di un rozzo montanaro, per confessione dello stesso Charpentier.... La teorica glaciale si riassnme in queste semplici parole; i ghiacciai alpini subirono in epoca remota uno straordinario accrescimento, per cui si spinsero beu oltre i limiti delle loro oscillazioni attuali, seminando di detrito e di massi la loro via, e cingendosi di morone la fronte e i fianchi.

Questa teoria fu dal suo inventore, quindi da Agassiz e da' suoi valorosi

compagni, sviluppata nel modo più completo collo studio del terreno erratico, quasi esclusivamente sull'opposto versante delle Alpi. Ormai è assaggiata in tutta l'estensione delle regioni alpine e vittoriosa su ogni punto. Ma se questi studi si fossero iniziati e continuati sul versante nostro, più brillante e più sicuro ne sarebbe stato l'esito: è sentenza di Desor, uno de' più illustri studiosi dei ghiacciai e degli antichi fenomeni glaciali di oltre Alpi. Sul versante italiano, il fenomeno del terreno erratico si presenta, per speciali condizioni orografiche, con tali circostanze, che la teorica glaciale è presto ridotta a splendida evidenza. La studieremo adunque nel campo nostro, ne restringeremo anzi i limiti per meglio studiarne i particolari. Gastaldi, Mortillet, Omboni sono fra i più benemeriti per lo studio del terreno glaciale sul versante italiano.

1118. Tutta la teoria dell'epoca glaciale si appoggia al fatto, già precedentemente dimostrato (§§ 395-397) che i ghiacciai oscillano, cioè si avanzano e si arretrano, secondo che cresce o diminuisce la quantità delle nevi, e si abbassa o si alza la temperatura dell'ambiente. Se l'osservazione immediata ci mostra così evidenti le oscillazioni dei ghiacciai nei limiti dell'attuale esperienza; la storia ci narra come essi andarono soggetti a oscillazioni secolari; come essi presentino dei cicli di avanzamento e di regresso, i quali si compiono senza che il clima sia andato soggetto a mutamenti radicali, o anche appena riflessibili. Noi stessi abbiamo appena assistito ad uno di questi periodi di regresso, il quale pure si compì senza che il clima abbia dato alcun segno di sensibile alterazione. Questo periodo data dal 1861, come io accennava già nel 1864, dove scriveva che *un seguito d'anni come il 1861 farebbe rinculare i ghiacciai ben addentro i recessi delle Alpi.*[1] Come questa specie di profezia siasi di fatto avverata, lo dice la *nota* al § 424 del Vol. I° della presente opera. Ai fatti accennati potrei aggiungerne altri, i quali provano che il regresso dei ghiacciai alpini ha continuato fino al corrente 1872.[2]

La storia, come dissi, ci informa di altri cicli avvenuti in epoche molto lontane. Nel 1811, secondo Venetz, verificossi un sensibile regresso nei ghiacciai delle Alpi, i quali si avanzarono invece assai dal 1815 al 1817.

[1] *Note a un corso annuale di geologia.* Volume primo, § 515.

[2] Si vuole che (non ricordo in quall'epoca) un esercito venisse dal Tirolo in Valtellina pel passo Martello, il quale, or fan pochi anni, difeso da un ghiacciajo di molte ore, non era tentato che dai più arditi *touristi.* Vengo ora a sapere che detto passo è ora divenuto di facilissimo accesso. Lo stesso mi venne assicurato del passo della Gavia che mette dalla Valtellina, pel tramite di Val-Furva, nella Val-Camonica. Intanto rileviamo dal secondo volume della *Flora fossilis arctica* di Heer, che il Sig. Whymper nel suo viaggio eseguito nel 1867 potè accertarsi che i ghiacciai della Groenlandia erano da vari anni in sensibile incremento.

Lo stesso Venetz [1] cita o documenta vari fatti, che attestano un progresso dei ghiacciai alpini verificatosi dopo il XV secolo o specialmente nel XVIII. Molte strade e passi, praticabili fra l' XI e il XV secolo, erano scomparsi o resi impraticabili. [2] Gruner [3] indica le oscillazioni del ghiacciajo superiore della Grindelwald fra il 1540 e il 1550. Esso ghiacciajo, dicono gli archivi del paese, si era fuso interamente nel 1540, ma tosto si ricompose, oscillando in seguito nel modo più bizzarro. Nel 1773 aveva invaso molti pascoli: e nel 1750 era divenuto piccolissimo.

1119. I seguenti fatti relativi a uno straordinario sviluppo dei ghiacci in epoche più antiche o fuori della regione delle Alpi, sono raccolte dal Reclus. [4]

Nel 1323 la parte meridionale del bacino del Baltico era talmente gelata, che veniva percorsa dai cavalli che si recavano da Copenhagen a Lubecca e a Danzica. Lo stesso fenomeno ripetevasi negli anni 1333, 1349, 1399, 1402 e 1408. Sotto quest' ultima data troviamo il mare interamente sbarrato fra la Norvegia e il Jutland. Si noti che i ghiacci non oltrepassano ordinariamente, durante l'inverno, i golfi di Botnia e di Finlandia. Dunque nel 1408 i ghiacci avevano subìto un avanzamento di circa 5° (300 miglia), da nord a sud. Il seguente fatto è ancora più singolare. Nel 141 dell' êra volgare il mar Nero era gelato quasi interamente. Nel 762 la crosta solida di ghiaccio si distendeva dalle coste del Caucaso alle foci del Danubio. Si può dunque dire che il mare glaciale si era avanzato sino al 44° di latitudine. In quell' anno stesso la neve caduta sulla ghiaccia levossi fin da 9 m. a 13 m. di altezza. Quando nel febbrajo cominciò lo sgelo, enormi massi di ghiaccio galleggianti vedevansi arrestati fra Abido e Sesto nello stretto de' Dardanelli. Fatti così singolari, accaduti in epoca poco da noi lontana, servono senza dubbio a preparare l'animo del lettore a ricevere senza difficoltà i fatti analoghi che si verificarono in epoca lontanissima, e che la geologia ci narra con linguaggio non meno sicuro della storia. Se i ghiacci marini invasero, or fan pochi secoli, le tepide rive del Mar Nero, non ci è nulla di strano in ciò che i ghiacciai alpini abbiano invaso le nostre amene valli, i nostri laghi ridenti, i nostri colli aprici, che si trovano sotto le medesime latitudini. Ecco quanto ci narra la geologia,

[1] *Mém. sur les variations de la temperature dans les Alpes* (Denkschr dar Schweizerichen Gesellschaft).

[2] Da documenti sicuri risulta, secondo Agassiz (*Études sur les glaciers*) che la Groenlandia fu straordinariamente invasa da' ghiacciai nel secolo XV, e che da quell'epoca cominciarono le sue coste a divenire inaccessibili.

[3] *Histoire naturelle des glaciers.*

[4] *La terre*, pag. 63.

additandoci le non oscure traccie di quegli antichi ghiacciai, ora così rimpiccoliti e rintanati negli alpini recessi.

1120. Le Alpi, le Prealpi nostre offrono ad esuberanza tutti gl' indizi degli antichi ghiacciai. La loro orografia in gran parte, il loro aspetto, la loro stessa fertilità, sono altrettanti effetti della escursione eseguita dai ghiacciai alpini nelle basse regioni, in un' epoca posteriore alla pliocenica.

Uno dei tratti più caratteristici della orografia prealpina è questo: che una serie quasi non interrotta di colline, una vera catena di enormi cumuli detritici, segna il confine della grande pianura a settentrione e della regione montuosa a mezzodì; corre cioè parallela alle Alpi, formandone la linea di rilievo più avanzata, e delineandone tutta per intero la cerchia maravigliosa. Sono colline ubertose, coperte di perenne verzura, ove ridono le nostre ville, ove si allineano, sui poggi coperti di vigneti, gli allegri paeselli allo sbocco delle nostre valli o all' estremità meridionale dei nostri laghi. Studiando però più minutamente quella lunga catena di colline, la si vede scomporsi quasi in altrettanti sistemi, quante sono le valli alpine che la incidono per volgersi al piano. Ciascun sistema descrive, più o meno esattamente, un semicerchio, che volge il suo lato concavo alla valle, quasi in atto di sbarrarla, e il lato convesso alla pianura.

1121. Tra i molti sistemi scelgo ad esempio quello che mi parve più perfetto e più semplice a un tempo, che, stante la sua piccolezza, può di un sol sguardo abbracciarsi intero. Parlo delle colline della così detta Franciacorta, formanti un semicerchio meraviglioso fra il Montorfano bresciano e il lago d'Iseo. Sulla carta cromolitografica, che descrive il *sistema glaciale del lago d'Iseo*,[1] che il lettore si terrà sempre sott'occhio in questo e nei seguenti capitoli, egli vedrà disegnarsi in verde la cerchia di colline a cui accenniamo. Essa cerchia, partendo dal colle d'Adro a occidente, si ripiega, parallela al Montorfano, torcendosi a mezzodì, d' onde colla stessa curva si volge a oriente finchè va a innestarsi colle falde del monte d' Iseo.

1122. La figura 127 presa da Erbusco, come si suol dire a volo d'uccello, mette sott' occhio al lettore la disposizione singolare di quelle colline e i loro rapporti col resto dell' orografia locale. Vedrà come quelle colline disegnino un gran semicerchio, quasi un grande argine che congiunge il colle d'Adro a sinistra col monte d' Iseo a destra. Un piano, sparso di rilievi molto mediocri, riempie il vano del semicerchio, distendendosi verso

[1] Vedi la *Carta del sistema glaciale del lago d'Iseo* in fine del presente volume.

nord, dove pare continuarsi col lago d'Iseo, che si disegna sullo sfondo, profondamente incassato fra montagne molto elevate, irto e ignude.

Se il lettore si è formato un concetto sufficiente di una morena frontale, troverà che questa cerchia di colline gli risponde perfettamente. Abbiamo detto che il detrito glaciale, giunto allo sbocco del ghiacciajo, che è l'ultimo ogivo, forma una collina ogivale o arcuata, una specie di recinto, che abbraccia la fronte del ghiacciajo o chiamasi *morena frontale*.[1] Non è qui forse letteralmente descritta la cerchia delle colline della Franciacorta?[2] Se le acque pluviali non avessero erosa, talora abbastanza profondamente, quella cerchia di detriti, e risoltala in una serie semicir-

Fig. 127. Morena frontale del ghiacciajo dell'Oglio veduta da Erbusco.

[1] Volume primo. § 423

[2] La morena della Franciacorta, che si può abbracciare coll'occhio in tutta la sua estensione, salendo da Erbusco fin sulla vetta, pare unica a prima giunta. Osservata però bene si risolve anch'essa, come in genere le morene frontali subalpine, in un sistema di morene concentriche, fuse in una grande morena principale, quella che è rappresentata dalla figura 127. Oltre a questa morena principale, ve ne hanno altre minori interne ugualmente concentriche, che sono segnate nella *Carta del sistema glaciale del lago d'Iseo* in fine al volume, e formano dei rilievi che si incontrano o intervalli nel piano. Ciascuna di quelle morene indica un periodo più o meno lungo di stazionarietà dell'antico ghiacciajo dell'Oglio, e ogni intervallo un periodo di regresso dello stesso ghiacciajo.

colare di parziali rilievi, essa conserverebbe intatta la forma di un gran argine, che distingue le morene più recenti. Del resto delle morene possiede, oltre la forma, tutti i caratteri. È composta di detrito caotico; è un impasto di fango, sparso di ciottoli lisciati e striati; le roccie, che la compongono, derivano tutte dalla regione a monte, cioè dal lago d' Iseo o dalla Val Camonica; vi abbondano specialmente le puddinghe rosse del trias, enormemente sviluppate nella suddetta valle, e i porfidi, che formano nella valle stessa potenti emersioni. La cerchia delle colline della Franciacorta è dunque senz'altro una *morena frontale*.

1123. Osserviamo un po' se essa trovasi al suo posto? Se trovasi cioè in rapporto con qualche ghiacciajo, il quale, supposto che si fosse una volta avanzato, l'avrebbe edificata in quel luogo? Senza dubbio. Le nevi eterne, e le vedrette, di cui biancheggiano ancora i gruppi del monte Avio, del monte Adamello, del Tonale, le nevi e i ghiacci, che in un periodo glaciale, non tarderebbero ad accumularsi sulla catena che separa la Valtellina dalla Val Camonica; tutti, supposto un periodo di sviluppo, scenderebbero giù dai monti, si troverebbero insieme nella Val Camonica, la occuperebbero tutta formando un solo ghiacciajo: questo si avanza; percorre la valle; si versa nel lago d' Iseo, riempiendolo fino a una grande altezza sopra il livello attuale delle acque, come mostrano la *Carta* e meglio ancora le traccie abbondanti sui fianchi dei monti. Eccolo in fine al limite meridionale del lago. Il ghiacciajo trova due vie per uscire dalla stretta delle montagne. L' una è quella seguita attualmente dall' Oglio: l'altra, assai più larga, è offerta dalla grande depressione, occupata ora dal piano fra il colle d'Adro e il monte d'Iseo. Il ghiacciajo, in grazia della sua plasticità, si insinua per l' una e per l' altra parte, dividendosi in due rami, separati dal Colle d'Adro. Il ramo orientale, il solo di cui vogliamo occuparci presentemente, si dilata, disegnando i suoi larghi ogivi sul piano d' Iseo, finchè si arresta, quasi alle falde del Montorfano, ove è libero di disegnare a regolare semicerchio la sua fronte spaziosa. Su quest' ultima linea ogivale arrestandosi un tempo, che certo si misura a secoli, raccoglie a poco a poco il detrito, a cui sobbarcossi nella sua lunga discesa. A poco a poco sorge la colossale morena. Viene il tempo del regresso. I brevi periodi di sosta vengono segnati da minori morene, sorgenti sul piano che il ghiacciajo va abbandonando. L' antico ghiacciajo dell'Oglio è tornato ai nativi recessi: restano testimonî della sua temporanea escursione le morene della Franciacorta.

1124. Abbiamo descritto minutamente la morena frontale della Franciacorta, come quella che doveva esibirci un saggio ben caratterizzato di quel sistema di morene frontali del versante italiano, di cui non è vera-

mente che una breve appendice. Contiamo così di risparmiarci la descrizione parziale di quell'immenso apparato glaciale, che si trova, per dir così, compendiato nella morena che abbiamo descritta. Basterà quindi al lettore una rapidissima rassegna, che dimostri come ogni sbocco d'alpina valle ha il suo sistema di morene frontali, che si fonde in un solo grande sistema, che è quello della gran catena di colline, parallela alle Alpi, ai limiti della pianura. Ognuno di quei parziali sistemi trovò ormai il suo studioso che se ne occupò, sicchè ci vorrebbero volumi quando volessimo intrattenerci dei particolari.

1125. Cominciando dalle regioni più orientali, il professor Pirona,[1] e più tardi il professor Taramelli, studiarono profondamente il sistema glaciale del Tagliamento. Le fertili colline a nord-ovest di Udine ne rappresentano appunto le morene frontali. Costituiscono esse un gran semicerchio, che si scompone in un sistema di varî semicerchi concentrici, che sbarra la grande apertura della valle, fra Spilimbergo e Tricesimo Il Tagliamento ruppe il sistema morenico sull'estremità più occidentale, per cui rimane nel suo complesso quasi intatto.[2]

1126. Il sistema più grandioso e più ingente di morene frontali credo sia quello che si ammira all'estremità meridionale del lago di Garda. Pare che tutti i confluenti del Chiese, del Mincio e dell'Adige, siansi riuniti a formare un solo enorme ghiacciajo, il cui asse coincide colla linea mediana del lago di Garda. Questo ghiacciajo riuniva un'immensa rete di valli, che dipendono dalle Alpi Retiche, e costituiscono principalmente il Tirolo. Il grande ghiacciajo, giunto presso Riva di Trento, si trovava incassato fra le Prealpi bresciane e le montagne del Veronese. Così giungeva angustiato fra le vette più eccelse, e sormontando le minori, fin dove s'apre immediatamente la pianura fra Brescia e Verona. Qui, libero di spiegare la spaziosa fronte, segnava un'immenso ogivo regolarissimo ed edificava la sua prima morena frontale, veramente colossale, di cui non rimane che la porzione occidentale, che vedesi ancora quasi intatta in forma di un arco regolarissimo di colline, che passa da Calcinato a Montechiaro,

[1] *Sulle antiche morene del Friuli,* Atti della Società italiana di scienze naturali, volume secondo 1861.

[2] Le valli a occidente del Tagliamento mancano di un sistema di morene frontali. Il prof. Taramelli sarebbe giunto a scoprire che i ghiacciai fra il lago di Garda e il Tagliamento si spingevano in mare, e trovavansi quindi nella condiziona degli attuali ghiacciai polari, sicchè tornava impossibile la formazione delle morene frontali, le quali dovevano essere a brani a brani dispersi in alto mare dai ghiacci galleggianti che staccavansi da ghiacciai terrestri. Prescindendo dalle morene frontali l'apparato glaciale delle valli occidentali è completo. Ciò risulta almeno da studi positivi per la valle del Piave. Credo che l'argomento formerà il soggetto di uno studio parziale che il mio dotto amico ha intenzione di pubblicare.

da Montechiaro a Carpenedolo, lambito a occidente dal Chiese. Quell' immensa morena fu pel restante demolita dalle acque e adeguata alla pianura. Ristorandola idealmente, e conducendola, per un supposto, fino a Verona, ove doveva trovare approssimativamente il suo limite orientale, disegnerebbe un gran semicerchio teso da una corda di circa 30 miglia geografiche. Il lago di Garda verrebbe così a dilatarsi alla sua estremità meridionale entro un vasto recinto. Ma tra la morena terminale (in parte esistente, in parte supposta) e il lago, abbiamo una vasta regione tutta irta di colline. Sono le storiche colline, ove si decisero tante volte le sorti delle nazioni, dai primordi della storia fino alla celebre battaglia di Solferino e San Martino. Quelle colline formano un gran sistema di semicerchi concentrici; quasi altrettanti enormi baluardi, scaglionati all' ingiro del lago di Garda. Una carta topografica qualunque può equivalere in questo caso a una carta geologica. Quelle colline rappresentano un gran sistema di morene frontali, concentriche fra loro, concentriche alla morena terminale descritta. La cerchia è quasi intatta: solo il Mincio ne attraversa tutto lo spessore da nord a sud. Non si distinguono meno di 10 o 12 semicerchi, rappresentanti altrettante morene frontali, o sistemi di morene, corrispondenti ad altrettanti periodi di sosta nella ritirata di quel gigante degli antichi giacciai. [1]

1127. Procedendo a occidente e passato il lago d' Iseo, le cui morene frontali vennero già descritte, prima di giungere alla grande valle alpina, che termina col lago di Como, troviamo due valli, indipendenti dalle Alpi, ma che si spingono a grande altezza in seno alle Prealpi. Queste si tengono ora appena al di sotto dei limiti delle nevi perpetue; ma nell'epoca glaciale dovevano esserne ricoperte come le Alpi al presente. Un ghiacciajo doveva certamente occupare e l' una o l' altra delle due valli, cioè la Val Seriana, e la Val Brembana. Io ne scopersi infatti le non dubbie traccie. La *Carta del sistema glaciale del lago d'Iseo* vi mostra in fatti un ghiacciajo che, discendendo dalla Val Seriana, si torceva verso Clusone, per buttarsi nella Val Borlezza. Qui arrestandosi contro il Pizzo Formico, gli si rovesciava addosso la grande morena frontale della Selva, di cui discorreremo più tardi a miglior uopo, ma che intanto può vedersi chiaramente espressa nelle figure 130 e 139. Nella figura 139 guardando verso Clusone vedesi la morena frontale, appena sporgente alla base del paesaggio, cingere il gran piano di Clusone già occupato dall'antico ghiacciajo. Nella figura 130 invece si guarda a sud, o vedesi il Pizzo Formico sol-

[1] Il Prof. Paglia descrisse il sistema delle morene frontali del lago di Garda in apposita Memoria, consegnata al volume II degli *Atti della Società italiana di scienze naturali*, 1861.

levarsi ignudo da un recinto coperto di prati e di foreste. Quel recinto è la morena frontale, solcata a destra dal Serio, che discende lambendo il fianco occidentale del Pizzo, a sinistra del torrente Borlezza, che lambe il fianco orientale dello stesso Pizzo. Nella Val Brembana il ghiacciajo si arrestava presso Ponte di Nossa, dove esistono le morene frontali, benchè assai modificate dall'azione erosiva delle acque, e cementate in un conglomerato durissimo, per effetto del carbonato di calce onde quelle acque erano pregne.

1128. Alle due estremità meridionali del lago di Como, cioè nei dintorni di Lecco come nei dintorni di Como, troviamo maravigliosamente sviluppato il sistema delle morene frontali. Ma esso sistema non riesce evidente come altrove. Il ghiacciajo, che si arrestava circa a mezza via fra Milano e le due estremità del lago, in luogo di trovarsi immediatamente nella libera pianura, ebbe a sentirsi inceppato nelle sue mosse da quel gruppo di montagne e di colli che costituiscono la Brianza. Non potè dunque erigere a regolari semicerchi le sue morene, o dovette starsi pago di buttarne qua e là i materiali alla rinfusa, riempiendo seni e valli, rivestendo monti e colline. A tale rivestimento deve la Brianza la sua fertilità e bellezza tanto decantate. Se però prendeste a delineare sopra una carta topografica i limiti delle morene, dei rivestimenti, in fine del terreno glaciale nella Brianza; vedreste come si delinea un regolarissimo semicerchio che, partendo dalla estremità del ramo di Como, piegandosi verso i paesi più meridionali della Brianza, attraversando l'Adda nelle vicinanze di Paderno, toccata la sponda bergamasca, termina all'estremità del ramo di Lecco. Studiando poi minutamente il terreno, non sarà difficile di riconoscere porzioni delle morene frontali nettamente delineate. Una porzione della morena frontale più avanzata è, p. es., la collina che lega il monte Canto alle montagne dell'Albenza, precisamente come una cortina che lega due forti. La vedrete perciò sbarrare improvvisamente la ferrovia da Bergamo a Lecco, sicchè questa dovette aprirsi la via mediante la galleria di Cisano. Ciò che rese tanto ardua l'impresa del traforo, e delle trincee che ne dipendono, attesta precisamente l'origine glaciale di quella collina. Essa è di fatti tutta di natura detritica, un vero caos di massi alpini imprigionati nel fango. Un altro passaggio, ugualmente sbarrato da una porzione di morena frontale, è quello che dovette ugualmente forarsi colla galleria di Cucciago.

1129. Il sistema delle morene frontali del lago Maggiore, è, come gli altri, evidentissimo e proporzionato, per la sua grandiosità, alla moltitudine e alla mole de' ghiacciai, che pei mille canali del Gottardo e del Lucomagno venivano a versarsi nel vasto bacino del Verbano. Anche questo si-

stema si ripiega contro l' estremità meridionale del lago Maggiore, formando un gran semicerchio di colline concentriche, che si parte dalle falde delle montagne a ovest di Arona, e, curvandosi sopra Borgo Ticino, passa a est di Sesto Calende e termina alle falde delle colline terziarie a sud del lago di Varese. Il Ticino, sortendo dal lago Maggiore, taglia quasi per mezzo questo sistema, che venne assai bene descritto e delineato dal professor Omboni nella sua Memoria *Sul terreno erratico di Lombardia*. [1]

1130. Così noi potremmo continuare la rassegna degli sbocchi alpini fino alle Alpi marittime, dimostrando come a ciascuno di essi corrisponda un sistema di morene frontali. Ma ciò richiederebbe troppo tempo e poco o nulla servirebbe allo scopo. Ricorderò soltanto il maraviglioso sistema della grande morena della Serra, la prima credo delle grandi morene del versante italiano che venisse ne' suoi particolari descritta e figurata. [2] Essa presenta forse lo *specimen* più meraviglioso, il tipo di tutte le morene frontali del globo. La valle d'Aosta, percorsa dalla Dora Baltea, e profondamente scavata in seno alle Alpi, si apre d'un tratto a Ivrea, ove la Dora comincia i suoi serpeggiamenti nel piano. Da qualunque punto però si acceda, è impossibile giungere a Ivrea senza scavalcare, per dir così, una enorme muraglia semicircolare, che chiude l' ingresso della valle, appoggiandosi colle due estremità alla base delle Alpi. Chi vada a collocarsi nel mezzo al piano al di sotto d'Ivrea, guardando a settentrione, vedrebbe insinuarsi entro il massiccio delle Alpi quella gola profonda, occupata un giorno da uno dei più grandi ghiacciai delle Alpi, lo cui traccie scorgonsi così evidenti nei colli arrotondati, i quali, quasi altrettanti emisferi levigati sorgenti dal suolo, circondano Ivrea. Volgendosi invece a mezzodì, o girando lo sguardo da levante a ponente, gli parrà di trovarsi entro un immane circo, che gli chiude da ogni parte l' orizzonte, quasi un muraglione semicircolare, edificato da una razza troppo più che ciclopica. Quel muraglione è tutto di detrito glaciale, è la gran morena frontale dell'antico ghiacciajo della Dora Baltea, che impone anche ai più increduli la credenza nella teorica che andiamo esponendo.

1131. Basti delle morene frontali. Rompendone la cerchia, e rimontando le valli alpine, eccoci chiusi fra le morene laterali, le quali dovrebbero scorgerci fino alla vette coronate ancora dalle nevi perpetue. Ma il sistema delle morene laterali non ci si presenta sempre così evidente come quello delle frontali che abbiamo descritto. Le vallate alpine presentano in ge-

[1] *Atti della Società Italiana di scienze naturali*, Vol. II, 1861.
[2] Ch. Martins e B. Gastaldi, *Essai sur les terrains superficiels de la vallée du Po*, ecc. (Bull. Soc. Géol. T. VII. 1849-1850).

nere i caratteri delle *chiuse:* hanno cioè la forma di profonde spaccature, fiancheggiate da pareti assai ripide, spesso verticali. In tali condizioni era impossibile che il detrito glaciale, al ritirarsi del ghiacciajo, vi rimanesse, per così dire, sospeso; se anche vi rimase, ove il fianco della montagna gli offriva un appoggio sufficiente, presto dovette esserne esportato dalle acque pluviali e dai torrenti alpini. Così in molti e molti luoghi, e sopra linee lunghissime, non troveremo che scarsi detriti o massi erratici, ruderi sfuggiti alla rapacità del tempo, i quali non mancano tuttavia di delineare i sistemi delle antiche morene laterali, lungo il decorso di tutte le vallate alpine.

1132. I fianchi delle valli presentano tuttavia delle porzioni dove le morene laterali potevano poggiare. In questo caso non dubitate che le morene esistono sempre, e dovunque. Specialmente opportuni alla formazione e all' arresto delle morene laterali dovevano essere i seni, ossia le valli laterali che si aprono sui fianchi della valle principale già percorsa dal ghiacciajo. Abbiamo veduto[1] come il ghiacciajo, per la sua plasticità, s' insinui nei seni laterali colle sue morene laterali, e come in quei seni si accumuli e si arresti a preferenza, il detrito morenico, quando il ghiacciajo si ritiri. Fate dunque di penetrare in qualunque delle valli laterali, le quali si aprono nelle grandi vallate alpine, e troverete indubbiamente, a un'altezza maggiore o minore, una o più *morene insinuate*.

1133. Ponetevi un'altra volta sott' occhio la *Carta del sistema glaciale del lago d'Iseo*. Il lago d' Iseo è quasi per intero chiuso fra pareti verticali. Era ben difficile che un solo masso potesse arrestarvisi. Ma appena una valle laterale si insinui, la troviamo riempita di detrito glaciale. Portiamoci p. es. nella valle di Vigolo, che intacca profondamente la sponda occidentale del lago. Dal lido fino all'altezza di alcune centinaja di metri anche quella valle è spogliata di terreno glaciale, per l' unica ragione che ha la forma di una gola angustissima, profondamente erosa dal torrente, che dovette spazzarla da qualunque materiale mobile. Più in alto invece, ove la valle si allarga, pigliando la forma di un circo, un cumulo immenso di detrito, di fango, di ciottoli, provenienti dalle regioni superiori della valle Camonica, colle loro forme caratteristiche, colle striature, se la roccia è calcarea, ci rivela la grande *morena insinuata*, che riempie il circo, si getta contro la montagna, levandosi all'altezza di circa 500^{m} sul livello del lago.

1134. Senza staccarci da quei luoghi potrete ammirare l'esempio forse più classico di *morena insinuata* che si possa citare in Lombardia. È la

[1] Volume primo, § 425.

morena di Tassano, sulla sponda orientale del lago d'Iseo, insinuata fra Pilzone e Sala. La cresta della montagna, ripiegandosi a semicerchio, delinea un seno largo e profondo laterale al lago.[1] Il ghiacciajo doveva naturalmente insinuarvisi, o il suo detrito accumularvisi. Noi troviamo in fatti come quel seno sia letteralmente riempito di detrito glaciale fino all'altezza molto considerevole di circa 374 m. sul livello del lago. Ma questa morena offre anche magnificamente espresso il principale carattere delle morene laterali deposte sui fianchi dei monti. Abbiamo veduto come le morene laterali segnino anch'esse le fasi di regresso del ghiacciajo, rimanendo scaglionate sul fianco dei monti, arrestandosi cioè a differenti livelli, in forma di colline lineari, parallele, costituendo in fine una gradinata.[2] Or bene, è questa precisamente la forma della gran morena insinuata di Tassano. Le acque pluviali, divise in parecchi torrenti, hanno profondamente incisa la morena, e praticate per ciò delle sezioni naturali, le quali mettono in luce quella speciale struttura a terrazzi di cui parliamo. La fig. 128 presenta una di tali sezioni, che

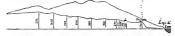



Fig. 128. Sezione della gran *morena insinuata* a terrazzi nel seno di Tassano

taglia quasi precisamente il seno per mezzo, partendo dalla superficie del lago, per arrivare alla montagna, passando sopra Tassano. Il paese di Tassano è posto sopra un primo terrazzo, che si eleva a 120 m. sul livello del lago. Ne viene un secondo di 170 m., poi un terzo di 195, e così ne contiamo 12, arrivando al supremo che raggiunge i 374 m. d'altezza. La fig. 128 mostra evidentemente come trattisi di 12 colline parallele, justaposte, di 12 morene laterali, fuse in una alla base, corrispondenti a 12 periodi di regresso e di sosta del ghiacciajo del lago d'Iseo.

1185. Un altro esempio di morena *laterale* o *insinuata* è espressa nella fig. 129. Il ghiacciajo che riempiva il letto dell'Adda e il ramo del lago di Lecco, dovette rivestire i monti che li fiancheggiano di cumuli morenici. Quell'ampio bacino offriva le migliori condizioni per l'arresto delle morene frontali. Il detrito glaciale riveste in fatti quei colli, crea la bellezza e la fecondità di quel territorio, e roso di continuo dai torrenti, crea le

[1] V. la *Carta del sistema glaciale del lago d'Iseo.*
[2] Volume primo, § 424.

strozzature del lago, i delta sproporzionati che lo dividono in bacini.[1] Ma una vasta porzione della morena laterale destra insinuossi, come mostra la fig. 129, fra il monte Baro e i Corni di Canzo, e non essendovi torrenti appena considerevoli, rimase quasi intatta. Essa corre da Pescate a Malgrate. Erosa in parte sotto il monte Baro, disegna invece due stupendi terrazzi fra il ponte di Lecco e Malgrate, che, rivestiti di ricca vegetazione, formano il più vivo contrasto colle ignude rupi del monte Baro, che indi si spiccano.

Fig. 129. Morena laterale al ponte di Lecco alla base del monte Baro.

1136. Non moltiplicherò gli esempî. Inoltratevi in qualunque delle valli che fiancheggiano le grandi vallate; troverete, in seno alle ignude montagne, fertili e ridenti territorî: sono le morene laterali insinuate. Fin nel cuore della Valsassina, fra gli ignudi colossi dolomitici delle Grigne, del Venturosa, ecc., voi scoprite il fertile distretto di Pasturo e di Barzio ricoperto di prati e di foreste. Esso non segna altro che una diramazione del ghiacciajo del lago di Como, il quale insinuavasi entro la gola di

[1] V. la fig. 21 al § 224. Vol. I.

per la valle Porlezza, veniva a urtare contro l'ignudo colosso del Pizzo Formico. Qui arrestandosi, edificava la grande morena, che, partendo da Clusone, trovasi abbracciare la base del Pizzo Formico, che sorge ignudo da un recinto di boschi e di fertili colli prativi. La fig. 130 presenta il Pizzo Formico, guardato da Clusone, e cinto alla base dalla morena della Selva.

1138. Gli ammassi detritici e i massi giganteschi, rovesciati sui fianchi del monte S. Primo, o di tutto quel gruppo di montagne, per cui è diviso in due rami il lago di Como, richiamarono già l'attenzione di Enrico La Beche, assai prima che la teorica glaciale fosse nata. Non trattasi d'altro che di una grande morena, o piuttosto di un grande sistema di morene d'ostacolo, accumulato dal ghiacciajo dell'Adda, quando dovetto esso pure, come il lago al presente, dividersi in due rami, contro l'ostacolo, che alla sua marcia discendente opposero le montagne fra Lecco e Como.

Fig. 131. Morena d'ostacolo sul San-Quirico veduta da Ispra.

1139. Ma l'esempio più parlante di morena d'ostacolo è quello che si presenta sul monte San-Quirico, a nord di Angera. Il lago Maggiore presso al suo termine si stringe fra le ignude rupi di Arona e quelle di Angera, che formano appunto la base occidentale e meridionale del monte San-Quirico. Ma lo stesso monte San-Quirico figura quasi come un'isola, essendo separato dalle altre montagne a occidente dal lago, a oriente da una pianura, ossia da una vasta depressione. Se il lago Maggiore si alzasse di qualche ventina di metri sopra l'ordinario suo livello, invaderebbe la pianura, e il San-Quirico rimarrebbe veramente come un'isola in mezzo al lago. Ciò che non avviene del lago, avveniva dall'antico ghiacciajo che ne occupava il letto levandosi a più centinaja di metri sopra il livello attuale delle acque. Il San-Quirico sorgeva dunque come

un' isola in mezzo al ghiacciajo, che diviso in due rami occupava a occidente l'area attuale del lago, a oriente quella della pianura. Il San-Quirico, in quelle condizioni, doveva rivestirsi a monte di terreno glaciale. Le figure 131 e 132 mostrano l'attuale costituzione di quella montagna.

Fig. 132. Profilo della morena d'ostacolo sul San-Quirico.

A valle, cioè dal lato di mezzodì, essa vedesi ignuda, costituita da una gran massa acuminata di porfido rosso, a cui si appoggiano le calcaree raddrizzate fino alla verticale; a monte invece, cioè dal lato di settentrione, ove la mostrano le figure citate, vedesi il cocuzzolo di nudo porfido spiccarsi da un recinto, in forma di doppio terrazzo semicircolare, la cui indole detritica è rivelata dall'a esuberante vegetazione che lo riveste. Quel recinto è precisamente costituito dalla *morena d'ostacolo*, che abbraccia la montagna al modo stesso, p. es., che il monte Somma cinge il Vesuvio.

1140. Accennammo fin qui alla diversa forma delle morene, senza descriverne la composizione. Essa attesta, come la forma, l'origine glaciale dei rilievi descritti, e di quelli che riferiamo in genere al terreno glaciale dell'Italia subalpina. L'impasto ne è tutto caotico. Quello moreno constano cioè di un cumulo detritico, d'indole fangosa, tutto impastato di massi e di ciottoli d'ogni natura, d'ogni forma, d'ogni dimensione. Se pigliamo a esaminare ciascun ciottolo individualmente, i caratteri glaciali si presentano evidenti anche all'occhio più inesperto. Anzi tutto quei ciottoli, benchè in genere si possano dire arrotondati, sono irregolarissimi nella loro forma, e spesso decisamente angolosi. In secondo luogo sono rotti, ammaccati in mille modi. In terzo luogo sono lisciati in un modo affatto speciale. È un liscio grasso, splendente, ben diverso dal liscio pallido o morto dei ciottoli del torrente; il liscio poi vedesi penetrare,

quasi direi, medicare le spezzature, le ammaccature. Badiamo sopra tutto a quel carattere decisivo dei ciottoli glaciali, che consiste nel fenomeno della striatura.[1] Abbiamo veduto come la striatura dei ciottoli glaciali avvenga pel mutuo intaccarsi dei ciottoli stessi durante il loro fortunoso cammino in seno al ghiacciajo. Naturalmente una stria ben netta e decisa esige l'incontro del ciottolo che rimarrà striato, con un altro ciottolo, o anche con un solo granello, di roccia più dura. I ghiacciai attuali, che compiono spesso il loro breve cammino in seno a una sola formazione, p. es., entro una formazione granitica, non offrono così facilmente il fenomeno dei ciottoli striati. Ma gli antichi, che corsero dalle vette alpine giù giù in fino al piano, dovettero trovarsi in grembo a mille formazioni di diversa natura: dovettero quindi raccogliere in seno ciottoli d'ogni natura: i graniti, i gneiss, lo quarziti, le puddinghe quarzose, dovettero trovarsi coi serpentini, coi calcari: questi ultimi dovevano necessariamente essere intaccati dai primi, con cui si incontravano o si pigiavano per sì lungo cammino. Ecco come le antiche morene a piè delle Alpi presentano in modo meraviglioso il fenomeno dei *ciottoli striati*. Trovatemi un solo serpentino, un solo calcare, per es., nella morena al ponte di Lecco (§ 1135) che non sia striato.

La figura 133 presenta assai impiccolito un ciottolo calcare della morena accennata, il quale può prendersi come tipo dei ciottoli glaciali. Esso è affatto irregolare, tutto ammaccato, scalfito, striato in tutti i sensi. Di simili ciottoli se ne possono raccogliere a migliaja in tutte le morene descritte e in quelle che non si accennano nemmeno.

Fig. 133. Ciottolo striato irregolare.

1141. Ho detto che i ciottoli glaciali hanno per caratteristica l'irregolarità tanto della forma, quanto delle striature. Si rimarca tuttavia talvolta che le strie sono abbastanza regolari, mantengono cioè un deciso parallelismo. Per spiegare il fenomeno si badi al fatto che l'irregolarità delle strie dipende dalla irregolarità dei movimenti a cui sarà facilmente soggetto il ciottolo, costretto a torcersi in tutti i sensi in seno alla massa plastica, e in mezzo a tanti urti coi corpi che l'accompagnano nel lungo

[1] Volume primo, § 432.

cammino. Ma si può concepire facilmente come un ciottolo possa esimersi, in via d'eccezione, da urti troppo violenti, e camminare un certo tempo nella stessa direzione, sul suo asse maggiore, parallelo alla direzione della corrente glaciale. Allora le strie riusciranno regolari e parallele all'asse maggiore del ciottolo, come si osserva in molti casi. Ho raccolto dalla morena al ponte di Lecco, e collocato al Museo di Milano, un masso di serpentino, del diametro di quasi un metro, che presenta le seguenti particolarità. La sua forma è abbastanza regolarmente elittica; è meravigliosamente striato e scanalato parallelamente all'asse maggiore; vi si distinguono delle strie punteggiate, come avviene quando una punta, raccomandata a un fulcro elastico (come è il ghiacciajo) scorre saltellando sulla superficie di un corpo rigido; da un lato, sulla curva dell'elissoide, è tagliato un piano, è tolto cioè un segmento. È chiaro che quel masso, ricevuta dapprima la forma di un elissoide, camminò, in sull'ultimo, nell'eguale direzione, appoggiandosi sullo stesso lato che sfregava contro il fondo del ghiacciajo: rimase perciò striato parallelamente; il piano tagliato sull'elissoide corrrisponde alla superficie di sfregamento.

Fig. 134. Ciottolo striato regolare triquetro.
A. Ciottolo veduto longitudinalmente.
B. Sezione trasversale.

1142. Vi ha anche una forma, che si può dire regolare o che io credo di avere primo ed unico finora indicato come caratteristica dei ciottoli glaciali.[1] È la forma triquetra che risponde così bene all'idea di un ciottolo che rimane eroso nel doversi aprire la via, a guisa di vomere, attraverso una massa compatta che lo intacca in tutti i versi.[2]

[1] *Note ad un corso di geologia*, volume primo, § 547.

[2] Il mio amico signor Tizzoni, professore nel collegio di Merate, mi fece osservare, che nei ciottoli delle morene di quella località si ripeteva sovente la forma di una piramide a tre facce. Trovai infatti che questa forma si presenta anche altrove (certo dovunque) e molti ne

1148. Abbiamo detto che caratteristica delle morene è la struttura caotica. Sappiamo però anche che all'azione del ghiacciajo può associarsi, in circostanze diverse, quella delle acque. È caso comune quello di torrenti, che confluiscono dalle valli laterali al ghiacciajo. Avranne per effetto il rimestamento delle morene laterali, concomitante alla loro formazione, per cui i materiali potranno essere, fino ad un certo grado, distribuiti secondo il loro volume, cioè stratificati a modo dei depositi torrenziali. Ho descritto, p. es., la morena al ponte di Lecco (§ 1135) come una morena laterale qualunque. Ma essa non presenta così decisa quella struttura caotica, che distingue le morene in genere. Vi si nota invece una certa stratificazione e vi si scavano anzi dei letti regolari di finissima sabbia quarzosa. Da quegli strati però così fini si sciolgono in gran copia i ciottoli, mirabilmente striati, e di tratto in tratto massi di grandi dimensioni.

Fig. 135. Teorica della formazione dei ciottoli triquetri.

---

raccolsi nella morena al ponte di Lecco. Osservai inoltre che alla forma trigona, o meglio triquetra, di quei ciottoli, corrisponde anche invariabilmente una striatura regolare. La figura 134 disegna impiccolito uno di quei ciottoli di serpentino. Come si vede ha la forma quasi di un cuneo a tre facce; le strie partono dal vertice, ossia dalla punta del cuneo, e, irradiandosi tutto all'ingiro sui lati, si raccolgono alla base. Credo che il fenomeno si possa spiegare, ragionando così: Secondo la teoria esposta (*Volume primo*, § 397-408), per la plasticità, diremo, liquidiforme del ghiaccio, verificandosi nel movimento progressivo di un ghiacciajo tutte le leggi dell'idraulica di un fiume, non vi possono essere due punti ove esso movimento è uguale. Un ciottolo invece, come corpo rigido, non può moversi che con eguale movimento di tutte le sue parti. Esso camminerà tutto d'un pezzo, seguendo il movimento di quella linea di ghiaccio che corrisponde al suo asse, secondo il quale si dirige. Il ciottolo adunque si moverà con velocità diversa del ghiaccio che lo circonda, a sotto e sopra, e sui lati; sarà cioè o più veloce, o più tardo del ghiaccio che lo imprigiona. In un caso e nell'altro il ghiaccio dovrà spostarsi, quanto il richiede la mole del ciottolo, e quindi esercitare un attrito, che tende ad erodere, cioè a diminuire la massa del ciottolo stesso. Supponiamo che un ciottolo, avente, p. es., la forma di un prisma a quattro facce (forma ordinaria dei pezzi che si staccano dalla montagna) cammini più veloce, fenda cioè il ghiacciajo. L'attrito maggiore si determinerà sulla estremità anteriore di esso ciottolo, e andrà decrescendo fino all'estremità posteriore dove l'attrito è nullo. Quel ciottolo adunque si assottiglierà sul davanti, mentre sarà come s'ingrossi sul di dietro; diverrà cioè regolarmente conico, puntuto. Questo avverrebbe precisamente nel supposto che l'attrito, a cui si deve l'erosione del ciottolo, sia uguale sui lati, e diverso solo nei rapporti della parte anteriore colla posteriore. Ma anche pei lati la quantità dell'attrito è diversa. Dividendo esso attrito in quattro parti distinte, corrispondenti al disotto, al di sopra, ed ai due fianchi del ciottolo, il massimo attrito si verificherà pel dissotto, che sopporta la maggiore pressione, il minore pei due lati, il minimo pel dissopra. Nell'atto adunque che il ciottolo tende ad arrotondarsi, cioè a presentare una sezione circolare pigliando la forma di un cono, che scorre sul suo asse orizzontalmente, il lato inferiore,

Si vede evidentemente, che le acque pluviali, scendendo dal monte Baro, investivano la morena, seco trascinandone i materiali più fini, deponendo in quel luogo le sabbie o più basso le argille, che servono alla fabbrica dei mattoni allo Torrette. Ma non potevano smovere nè i massi, nè i ciottoli, i quali rimasero sicuri testimonî dell'origine glaciale di quei grandi cumuli detritici.

Lo stesso fenomeno si presenta ancora più evidente dalla parte opposta alla morena descritta, cioè a San Giovanni sopra Lecco, ove il torrente Galandra taglia l'enorme morena laterale, che dal fondo del territorio leucense si alza fino ai piani di Ballabio. I regolari strati di argilla, sottoposti al terreno morenico, rappresentano anzi probabilmente uno di quei depositi lacustri, formatisi nel primo periodo dello sbarramento, di cui citeremo altrove, a miglior uopo, gli esempî.

1144. Abbiamo veduto come il detrito glaciale si presenta sotto due forme distintissime. La prima è quella dei ciottoli striati, ed è assunta dal detrito che ha camminato in seno al ghiacciajo, che cadde cioè originariamente nella regione ove il ghiacciajo si fa. L'altra forma è quella dei *massi erratici*, di quel detrito cioè che, cadendo sul ghiacciajo nella bassa

---

erodendosi maggiormente, tenderà maggiormente a distruggere la curva, cioè a formare un piano. Sui lati destro e sinistro avrà luogo lo stesso effetto, ma in proporzione minore, determinandosi cioè due piani, coincidenti col lato inferiore e col superiore, il quale sarà quello che, meno eroso degli altri, mantiene più intatta la curva circolare. Volendo far coincidere due lati, cioè un lato largo e piano, con un lato opposto stretto e curvo, si disegna approssimativamente un triangolo arrotondato, più precisamente la sezione di un ciottolo triquetro. Insomma il ciottolo che fende un ghiacciajo, si può considerare come soggetto a due attriti: uno tende ad arrotondarlo ugualmente, dandogli la forma conica, da cui avremo una sezione trasversale circolare; l'altro a ridurre i lati curvi in lati piani, colla massima attività al basso, minore sui fianchi, e minima in alto. Supponiamo che il ciottolo sia ridotto conico per effetto del primo attrito, e presenti perciò una sezione trasversale circolare. Il secondo attrito tenderà ad accorciare i raggi del circolo di una porzione massima in basso, media sui fianchi, minima in alto. Ne risulterà la sezione inscritta nel circolo nella figura 133, cioè la sezione trasversale del ciottolo triquetro. Il lavoro dei due attriti, invece di essere successivo, è contemporaneo, ma l'effetto è lo stesso. Mi sono spiegato? . . . Chi non m'intende abbia di mira il vomere che si agusa, fendendo il suolo. Chi mi intende, comprenderà anche come l'effetto seguirà ugualmente nel caso che il ciottolo cammini più lentamente del ghiaccio, che lo circonda. In questo caso la punta del cono o della piramide sarà rivolta a monte, mentre nel primo caso era rivolta a valle; ma la forma del ciottolo sarà la medesima. Siccome poi nell'uno e nell'altro caso l'attrito si esercita nel verso dell'asse del cono, le strie risulteranno regolari, irradianti dal vertice alla base, delineeranno cioè altrettante generatrici del cono, come si vede nella figura 135, nella quale il circolo rappresenta la sezione circolare. La forma triquetra determinandosi invariabilmente quando il ciottolo si muove nella stessa direzione, essa forma triquetra sarà l'unica forma regolare caratteristica dei ciottoli glaciali. Tuttavia la facilità con cui i ciottoli sono costretti a spostarsi e a cambiare direzione in seno al ghiacciajo, farà sì che la forma regolare, benchè caratteristica, sarà sempre una forma eccezionale.

regione ove si va disfacendo, non potè essere in alcun modo modificato.[1] I massi erratici sono caratterizzati dalla loro forma frammentizia, dalla loro integrità, attestata dagli spigoli vivi, in deciso contrasto coll'arrotondamento dei *ciottoli striati*. I massi erratici sono anche relativamente, i più grossi, appunto perchè non subirono alcuna erosione.

Appartengono esclusivamente a questa famiglia quei massi colossali di roccie alpine, meraviglia e problema insolubile dei geologi meno moderni, deposti così lontano dalle loro origine sui fianchi delle Prealpi, o ai confini della pianura.

1145. Quei massi dovettero sorvolare gli abissi dei laghi lombardi, per venire a posarsi, per esempio, a grandi altezze, e quasi sulle sommità del monte San Primo, dei Corni di Canzo, o via discorrendo. Tali massi si presentano ovunque a centinaja sui rilievi più meridionali delle Prealpi, ove distinguereste, secondo i luoghi, i gneiss e i micaschisti del gruppo del San Gottardo, i ghiandoni, ossia i graniti porfiroidi e i serpentini delle Alpi di Valtellina, i porfidi della Val Camonica, ecc. Quei massi naturalmente appartengono al sistema delle morene frontali o laterali, o si svolgono sovente dal seno stesso delle morene. È però un fatto che tali massi abbondano maggiormente nelle regioni superiori, o trovansi sovente in gran numero isolati su la roccia nuda nelle parti più elevate della montagna, ovvero ammucchiati nei letti dei torrenti. Nelle parti basse, o ai piedi de' monti, o ai confini settentrionali della pianura, i massi erratici scarseggiano assai, e sembrano dileguarsi. Perchè tutto ciò, se il terreno glaciale deve presentare approssimativamente dovunque la stessa struttura, e la stessa distribuzione, o piuttosto nessuna distribuzione degli elementi secondo il volume? Quanto al trovarsi a preferenza nella porzione superiore delle morene, basterà il riflettere che i massi erratici intatti non si trovano che alla superficie del ghiacciajo, mentre il restante detrito si trova nel suo spessore. È quindi naturale che il detrito modificato si trovi a preferenza nelle parti inferiori e nel corpo delle morene, il non modificato nelle parti superficiali. Quanto all'isolamento dei massi erratici sui luoghi elevati, e principalmente sui più scoscesi, al loro accumulamento nei letti dei torrenti, e alla loro scomparsa nelle parti più basse, tutto dipende dalla stessa causa, la cui azione, determinossi posteriormente alla formazione del terreno glaciale, cioè dalle acque pluviali, o torrenziali, di cui conosciamo l'azione erosiva e distributiva.

Sulle alture scoscese, sui forti pendii, poterono le acque smovere facilmente il terreno glaciale fangoso e incoerente, e denudare le montagne.

[1] Volume primo, § 433-434.

Solo i grossi massi, fissi tonacemente pel loro stesso peso a un punto d'appoggio qualunque, non poterono essere smossi, e, svestiti del minore detrito che li fasciava, rimasero isolati, disegnando da soli, con serie lineari meravigliose, la pianta della morena distrutta. Molti di essi massi però, non ben saldi sulle loro basi, sdrucciolarono giù dal pendio o rimasero a ingombrare il letto del torrente, invalido a travolgerli col minore detrito. Le stesse acque poi, o pluviali o torrenziali, abbandonando nelle regioni inferiori il detrito rapito alle superiori, seppellirono gli inferiori massi sotto l'uniforme alluvione.

Provatevi nelle regioni glaciali subalpine a scavare il suolo, anche dove è ridotto dalla cultura a piane ed uniformi campagne. Non vi sarà solco appena profondo che non vi riveli una congerie di massi glaciali. Le trincee delle ferrovie subalpine, per esempio, a Palazzuolo, tra Ponte san Pietro e Pontita ecc., hanno ovunque rivelato una tale particolarità del soprassuolo.

1146. Indicherò fra le mille alcune delle località dove possiamo farci una idea di questo fenomeno dei massi erratici, che colpì così vivamente la mente dei primi osservatori. Per contemplare uno di quei campi sparsi di massi,

Fig. 136. Massi erratici della morena della Selva presso Clusone.

che furono paragonati a que' campi fantastici, ove i giganti della favola mossero battaglia a Giove mettendo montagne su montagne, puossi visitare la già citata morena della Selva in faccia a Clusone. La fig. 136 non presenta che un piccolo gruppo di quei massi accatastati a fior di terra: ma tutta quella larga eminenza selvosa è ugualmente disseminata, quasi rico-

perta, da una congerie di massi, d'ogni forma, d'ogni dimensione, a spigoli vivi, come strappati in quell'istante dalle montagne che sorgono a nord a grande distanza nell'alta Valle Seriana.

Fig. 137. Masso erratico di serpentino sopra Civate

1147. La fig. 137 presenta il masso erratico che mi abbia più colpito nelle mie corse geologiche. È un masso di serpentino, proveniente dalla Valtellina, e deposto sul fianco della montagna dipendente dai Corni di Canzo, che si leva a picco sopra Civate (sponda destra del lago di Lecco). Quel masso immane, di 2000 metri cubici all'incirca, giace là isolato sopra una sporgenza di dolomia, strapiombando sopra un abisso, da cui si precipita a cascata il torrente. Sul fondo dell'abisso si scorge un altro masso dello stesso serpentino, della potenza di ben 300 metri cubici, da cui si cavarono le belle colonne che adornano l'altare maggiore di Valmadrera. In esso parvemi di ravvisare con certezza un frantume staccatosi dal masso maggiore. Molti altri massi gli fanno corteo nel letto del torrente, e di lì ascendendo verso le alture che fiancheggiano il lago, una numerosa fila di massi di serpentino o di granito ghiandone, delinea il piano discendente del ghiacciajo, la cui morena fu quasi interamente lavata via e condotta dalle acque a occupare il fondo della valle Ritorta, cui arricchì di fertile terriccio. Il monte San Primo e le montagne dipendenti, che dividono in due rami il lago di Como, sono ugualmente sparsi di innumerevoli massi, che furono già osservati e descritti da La Beche come una delle

meraviglie del terreno erratico in Europa. Sono volgarmente conosciuti sul San Primo il *Sasso di Lentina*, della potenza di circa 1648 metri cubici; la *Pietra pendula*, che posa in equilibrio a mò di ombrello sulla punta acuta di uno scoglio; il *Sasso Luna*, la *Pietra Nairola*, e altri mille, deposti fino all'altezza di 700 metri sul livello del lago.

Fig. 138. Il Cavallaccio.

1148. Il masso disegnato nella fig. 138 è il così detto *Cavallaccio*, notevole singolarmente per la sua forma prismatica e l'integrità degli spigoli, che accusano la più perfetta conservazione. Il Cavallaccio emerge dalle arene precisamente in riva al lago, al piede della già descritta morena d'ostacolo del San Quirico (fig. 131): massi minori sono disseminati a centinaja sulla spiaggia, e internandoci nelle boscaglie allineate al piede della morena, nel piano di Inquasso, scopresi una serie veramente meravigliosa di massi della stessa natura (micaschisto), di dimensioni enormi; certo il prodotto di una frana gigantesca, che, arrestatasi sulla superficie del ghiacciajo in seno alle Alpi, sorvolando il lago Maggiore, venne ad arrestarsi contro il San Quirico. Le onde del lago, scalzando le basi della morena e convertendo in arene il detrito minore, lasciò intatti e isolati i massi maggiori, che resistettero, come fa ancora il Cavallaccio, alla furia delle onde. Ma basti. Tutti gli scritti degli autori sono pieni di descrizioni e figure di tali massi, che, strappati alle più nevose vette delle Alpi, vennero a formare uno dei tratti più caratteristici del suolo, onde si compongono i piani ubertosi e le ridenti colline ai limiti della grande pianura.

1149. Fin qui non abbiamo riflesso che agli effetti attribuibili all'azione della superficie o dell'interno del ghiacciajo. Questi effetti riguardano il mobile detrito, la sua forma, la sua distribuzione. Ma vi ha un'altra serie di effetti la quale si riferisce ai lati, al fondo dei ghiacciai, a tutta la superficie, che incombe al letto immobile, roccioso, della valle. Abbiamo riconosciuto come il ghiacciajo, discendendo a modo di solido fiume, eserciti sulle roccie a contatto un'azione meccanica poderosa: come, armato di grani e di ciottoli durissimi, è quasi una gran lima, messa da mano pesante sulla superficie delle roccie, che ne sortono lisciate, smussate, arrotondate, striate, scanalate.[1] Come ognuu vede tali effetti sono analoghi, anzi identici a quelli che il ghiacciajo produce sul mobile detrito. La differenza principale riguarda le striature, le quali riescono generalmente irregolari sui ciottoli, mentre manterranno, sulle roccie in posto il più rigoroso parallelismo. Tale parallelismo ritrae naturalmente il movimento del ghiacciajo, in quanto mantiene in uno stesso punto sempre la medesima direzione. Ho notato però delle striature che incrociano normalmente le striature principali, le quali si dirigono nel verso della valle. Ho pensato che quelle striature, approssimativamente verticali, dipendono dalle oscillazioni che soffre nello stesso senso il ghiacciaio, alzandosi o abbassandosi, secondo che si avanza o si arretra.

1150. L'arrotondamento delle roccie nelle regioni subalpine è quanto si può dire fenomeno universale, evidentissimo, tale che imprime al paesaggio un carattere marcatissimo, che non sfuggì all'occhio dei primi osservatori. Saussure è quello, se bene mi ricorda, che aveva rimarcato come il granito nelle Alpi si presentava esternamente sotto due forme differenti. Nelle parti superiori delle montagne sorge irto, dirupato, in grandi pilastri angolosi, a denti, ad aguglie: nelle parti inferiori invece, cioè partendo dal letto delle valli, fino a un certo limite maravigliosamente tracciato, lo stesso granito prendeva delle forme tondeggianti, formava delle sporgenze ondulate, dei colli arrotondati. L'illustre geologo era già indotto a pensare che si trattasse di due graniti, la cui differente natura si traduceva nella differenza esteriore delle forme. Ma ciò che Saussure osservava nei graniti ciascuno può osservarlo nei calcari, nelle puddinghe, nelle roccie di qualunque natura, senza che si riveli nessuna differenza o di struttura o di composizione fra le parti arrotondate e quelle che nol sono. Le prime si scorgono nelle regioni inferiori; le altre nelle superiori delle valli; una linea discendente, ben tracciata, segna dovunque il limite fra le une e le altre. Questa linea di demarcazione è precisamente il limite superiore del ghiac-

[1] Volume primo, §§ 30, 431.

ciajo, il qualo potè lisciare, arrotondare, striaro, scanalare lo roccie di qualuaque natura, fino n quell' altezza ov' esso giungeva. Nelle regioni più interne dolle Alpi presso il limite degli attuali ghiacciai, il fonomeno si presenta in un modo veramente meraviglioso. Vedreste, per esempio, l'altipiano del San Gottardo, composto di granito morbidamente ondeggianto, a piccoli colli, a bacini, lavorati allo smeriglio con una finezza estrema, tutto striato con un parallelismo matematico, cho è uno spettacolo sorprendente. Rimontando la valle della Toce verso la celebre cascata, vedreste como il ghiacciajo, strizzato con immenso sforzo entro l' angustissima gola, dovette lasciarne le paroti levigato a modo di marmo, e ondeggianti per migliaja di morbide scanalature. Ma anche nelle regioni più lontane dagli attuali ghiacciai, anche ai limiti della lombarda pianura, ove si arrestò la marcia degli antichi, il fenomeno non si presenta talvolta meno evidente. Dico talvolta, perchè la natura delle roccie, o l' erosione meteorica, che vi lavora da tanti secoli, distrusse in gran parte l' opera del ghiacciajo, cancellando le strie, rendendo la superficie delle rupi aspra e puntuta. Il tondeggiamento però non lascia di rivelarsi quasi dovunque abbastanza marcato, fino ad un certo limite di altezza. Quando poi la roccia venne, per qualunque ragione, protetta dalla erosione, non dubitiamo che il fenomeno descritto non si presenti come nelle regioni più prossimo agli attuali ghiacciai. Tale azione protettrice fu esercitata singolarmente dal detrito, ove non potè venire esportato dalle acque. Scavando ov' esso esiste, la roccia vi si presenterà dovunque liscia, splendente, come fosse stata jeri sottratta all' aziono dello smeriglio glaciale.

1151. Per trovare un classico esempio di colli arrotondati, in un luogo dove la natura della roccia si presta pure assai male alla conservaziono di tale carattere, non facciamo che tornare un' altra volta al ghiacciajo di Clusone. Como indica la carta del *Sistema glaciale del lago d'Iseo*, il ghiacciajo della vallo Seriana, uscito dalla stretta gola cbe lo incassava, buttossi a riempire il bacino di Clusone, il quale è tutto scavato in seno allo montagne dolla gran dolomia triasica, così facile allo sfacelo. Ma per distendersi in quel bacino dovette scavalcare una serie di colli, formanti quasi uno steccato, cho si allinea dalla vallo del Serio alla val Borlezza, passando per Clusone. Superata quella barriera, invase il piano e andò ad arrestarsi, come abbiamo veduto, contro il Pizzo Formico, creandovi la gran morena della Selva, già delineata nella fig. 130. Portandovi su questa morena, e guardando a nord verso Clusone, vi si presenta il singolare paesaggio delineato nella fig. 139. Una fila di colli maravigliosamonte arrotondati, che contrastano stranamente colle montagne irte o dirupate, che occupano lo sfondo. Badate bene: le montagne aspre o scoscese, e i

colli morbidi arrotondati, sono composti dell' istessa dolomia: ma quei colli furono coperti dal ghiacciajo, e ne uscirono arrotondati; le montagne in-

Fig. 139. Colli arrotondati presso Clusone.

vece, che sorgono immediatamente dietro ai colli, non furono tocche dal ghiacciajo, e conservarono l'asprezza loro impressa dall'erosione meteorica di tanti secoli.

1152. I colli arrotondati di Clusone devono al loro isolamento la propria conservazione, non potendo essere tocchi che dalle acque pluviali, le quali non esercitano che una forza erosiva assai mediocre. Soggetti alle acque torrenziali, che si precipitano dalle montagne, sarebbero già a quest'ora guasti e sfasciati, come i colli posti immediatamente alle falde dei monti. Anzi alcuno di quei colli è già in via di rapido sfacelo, e nessuno di essi conserva il liscio e le striature che doveva avere quando sortì dal ghiacciajo. Se troveremo invece delle località ove la roccia (sia pure l'identica dolomia), abbandonata dal ghiacciajo, trovossi protetta dal detrito contro l'erosione meteorica; troveremo anche conservati, non solo l'arrotondamento, ma il liscio e le striature. Tali località non mancano. Le basi del monte Baro, ancora coperte in gran parte dalla morena laterale, sono anche arrotondate, come mostra la fig. 129, benchè già assai guaste dagli agenti atmosferici. Avvenne tuttavia recentemente che si scavasse una breve trincea, per migliorare la viuzza che conduce dalla chiesa di San Michele a Galbiate. Si venne così, levando il detrito, a trovare la roccia ancor vergine, la quale mi apparve liscia come levigatissimo marmo, e tutta percorsa, da monte a valle, da strie finissime, conservanti un perfetto parallelismo. Ne feci levare dei grossi pezzi, che si conservano al Museo di Milano. Chi voglia poi ammirare in tutta la sua imponenza il fenomeno, si porti alle Fornaci di Parè, sulla sponda destra del lago di Lecco, ove la dolomia triasica serve alla fabbricazione della calce. Il Mongagli, dipendenza dei Corni di Canzo, fiancheggia il lago con rupi a picco di nuda dolomia, aspra e irta come dovunque. Le basi del monte però, fin verso l'altezza di 100 metri, sono protette dallo sfascinme, cioè da una frana di massi dolomitici, che vennero a coprire, o piuttosto a mescolarsi col detrito morenico, che potè ugualmente arrestarsi a piedi della montagna. Il tritume dolomitico recente si confonde coi massi di granito, di serpentino, coi ciottoli striati, in somma col tritume glaciale, formando con esso una copertura, che protesse le falde del monte dall'azione degli agenti atmosferici. Ma l'industria, che da secoli attinge a quei cumuli la roccia che si converte in calce, secondando l'azione delle acque pluviali, ha messo a nudo la roccia sopra centinaia di metri in altezza e larghezza. È veramente spettacoloso l'aspetto che presentano quelle vaste superfici arrotondate, levigate come il marmo, percorse da numerosissime strie, che si disegnano in bianco sulla superficie quasi cenerognola della dolomia.

1153. Accennerò un fatto ove il fenomeno della erosione glaciale è, quanto

si può dire, parlante. Che cosa dovrebbe avvenire quando un ghiacciajo dovesse strisciare sopra una roccia composta di ciottoli arrotondanti? I ciottoli sarebbero naturalmente erosi, adeguati a un piano, finchè vengano a disegnare una specie di pavimento a mosaico. I ciottoli sferici o ellittici verrebbero così a pigliare la forma di un emisfero o di un semielissoide, avente per base un piano, su cui apparirebbero il liscio e le striature caratteristici delle superfici glaciali. La puddinga miocenica, che si rizza verticalmente sotto il castello Baradello, fra Como e Camerlata, composta di grossi ciottoli rotolati d' ogni natura, e che dovette essere fortemente strofinata dal ghiacciajo, che tutto ricoprì delle sue morene i dintorni, presenta appunto il fenomeno che abbiamo descritto. La fig. 140 è appunto quella di uno dei ciottoli, scelti fra i mille che compongono la superficie di quel conglomerato.

Fig. 140. Ciottolo eroso e striato nella puddinga di Camerlata.

1154. Non abbiamo parlato finora della distribuzione del detrito in rapporto coi luoghi di sua provenienza. Abbiamo veduto come il detrito glaciale debba in primo luogo trarre la sua origine dalla valle stessa, d'onde scende il ghiacciajo. Deve in secondo luogo lo stesso detrito essere distribuito secondo i versanti. Della prima legge che riguarda la distribuzione del detrito non occorre quasi parlare. Le morene del lago d'Iseo constano di roccie della Val-Camonica; quelle del lago di Como, di roccie della Valtellina. Insomma la distribuzione dei diversi elementi detritici provenienti dalle Alpi è un fatto che si osserva su tutta la zona glaciale subalpina. Le morene, i massi erratici, il detrito fluvio-glaciale posto allo sbocco di qualunque valle o alla estremità di qualunque lago, rispondono perfettamente, per l' identità di natura, alle roccie, che costituiscono le montagne, le quali fiancheggiano ogni singola valle, ogni singolo lago, superiormente ai depositi stessi indicati. Una tale distribuzione può quindi influire assai sull' indole del paesaggio e assai più sulla economia agricola d' ogni singola regione. Accennerò in proposito un fatto importantissimo. Seguendo la linea che confina le colline a mezzodì tra l'Adda e il Lago Maggiore, noi troviamo che tra le colline e la bassa pianura esiste una specie di altipiano quasi continuo. Esso altipiano è diviso in due grandi regioni principali: l' una nota sotto il nome di Groana, che comprende le brughiere in parte coltivate o in parte sterili di Mariano, Barlassina, ecc.; l' altra si indica col nome di brughiera

di Gallarate e di Somma. Le commissioni, da lungo tempo istituite per lo studio delle brughiere allo scopo di fertilizzarle, avevano già segnalata la specialità del terreno che distingue le due regioni. La Groana è costituita da una terra compatta, poco permeabile, d'indole argillosa, che si distingue col nome poco proprio di *ferretto*. Nelle brughiere di Somma e di Gallarate invece predomina l'indole sabbiosa. Queste sono in genere assai più sterili della Groana, dove segnatamente riesce la coltura del frumento. Quale è la ragione di tale divario? Questa, per mio avviso, è semplicissima. Quell'altipiano è per me il deposito alluvio-glaciale, il detrito deposto dalle fiumane sgorganti dai vasti ghiacciai, che, arrestatisi approssimativamente ai limiti meridionali delle colline, sgorgavano ricche di torbida immediatamente sul piano. Ora la Groana dipende dal ghiacciajo che, proveniente dalla Valtellina, passava sopra Como e terminava presso Barlassina. Le dioriti, i porfidi, le serpentine, le roccie talcose, ecc., che predominano in Valtellina, erano le più atte a daro un detrito argilloso, dipendendo l'argilla segnatamente dalla decomposizione delle roccie feldspatiche. Le brughiere di Gallarate e di Somma invece dipendono dal Ticino, ed erano portate dai grandi ghiacciai provenienti dal gruppo del San Gottardo. L'enorme sviluppo dei gneiss, dei micaschisti, dei graniti, in genere delle roccie granitiche del gruppo del San Gottardo, triturate da' ghiacciai, dovevano dare un detrito eminentemente sabbioso. Ho esaminato il detrito glaciale, sia sulle sponde del lago di Como, sia su quelle del Lago Maggiore, e credo non si possa meglio caratterizzare il primo che indicando il predominio delle dioriti, dei serpentini o dei calcari, mentre il secondo è caratterizzato dal predominio dei gneiss e dei micaschisti.

1155. Ma la dipendenza del detrito dalle elevazioni a monte del luogo, ove esso è deposto, è carattere comune tanto al glaciale, come a quello delle alluvioni. La distribuzione secondo i versanti è quella che non permette in nessun modo di confondere il terreno glaciale col terreno alluvionale.[1] Essa offrirebbe materia di uno studio brillante. Accennerò un solo esempio veramente classico. Tutti conoscono il *serizzo ghiandone*, granito porfiroide. Mi era noto, dirò, fin da bambino che i nostri tagliapietre non trovano il serizzo ghiandone in massi erratici o *trovanti*, se non sui fianchi delle montagne, che separano i due rami del lago di Como, cioè sul versante destro del ramo di Lecco, e sul sinistro del ramo di Como. Come mai, in seno alla stessa valle, una roccia di trasporto abbonda talmente da un lato, ed è affatto ignota dall'altro? Portiamoci a vedere dove esista quella

[1] Volume primo, §§ 411 e 413.

roccia da cui si staccarono i giganteschi *trovanti*, e come con essi doveva comportarsi il ghiacciajo.

1156. Il scrizzo ghiandone costituisce una massa gigantesca nei monti che sorgono tra la Valtellina e la Valle di Chiavenna continuata colla Val Bregaglia. I due ghiacciai della Bregaglia e della Valtellina dovevano confluire sul piano di Colico. La morena sinistra dell' uno doveva unirsi colla destra dell'altro; doveva formarsi quindi una morena mediana ricca di scrizzo ghiandone; essa doveva correre diritta ad investire la punta di Bellagio, e rovesciarsi sul San Primo e sui monti che ne dipendono. Soltanto su questi gruppi di monti tra Lecco e Como potevan deporsi i massi di ghiandone, come si osserva di fatto. Per quanto rovistassi quelle montagne non mi riuscì di constatare che una sola eccezione al fatto che espongo. Alludo a un grosso trovante di ghiandone, che giaceva isolato presso Perledo, sulla sponda sinistra del ramo di Lecco: ma è proprio il caso di dire, che l'eccezione conferma la regola. Ricordate le *tavole de' ghiacciai?* [1] Quei massi, d'ordinario sì grossi, che si vedono isolati, erranti fuor del sistema delle morene sui ghiacciai delle Alpi, in luogo di sdrucciolare luogo il fianco del monte, ne precipitarono a salti. Il masso di Perledo è certamente una tavola dell'antico ghiacciajo del lago di Como. Allo sbocco de'ghiacciai a Como o verso il Monte Canto, il ghiandone, benchè assai scarso, si trova anche sulle sponde opposte a quelle ove si trova esclusivamente in tutto il decorso a monte. Ma sappiamo che assai più facile è la mistura degli elementi nelle morene frontali, molto più se subentra l'azione torrenziale. Qualunque eccezione, infine, non scema la grandiosità di un fatto che basta ad atterrare qualunque teoria in fuori della glaciale. Milioni di opere edilizie in Lombardia sono di scrizzo ghiandone, e tutto quel ghiandone è tolto da massi erratici, e tutti quei massi erratici si trovano sui monti tra Como e Lecco.

Il signor Omboni pubblicò pregevolissime carte del terreno glaciale lombardo, tra le altre una in cui la distribuzione delle roccie è graficamente descritta.

1157. In un apparato glaciale, che abbia appena un certo sviluppo, si presenteranno quasi necessariamente quei depositi lacustro-glaciali, che si vedono anche attualmente deporsi sul fianco del ghiacciajo, quando questo, sbarrando una valle laterale, la converta in lago. [2] Questo fenomeno, se può essere accidentale o trascurabile, ora che i ghiacciai alpini sono ridotti entro termini così angusti, dovevasi ripetere le mille volte, e

[1] Volume primo, § 415.
[2] *Ivi*, § 338.

acquistare una parte grandissima, quasi essenziale, nell' apparato degli antichi ghiacciai, i quali, per discendere dalla vetta delle Alpi fino ai limiti del gran piano, dovevano incrociare, sbarrare, centinaja di valli laterali, molte delle quali di decisa importanza. Dalle osservazioni da me fatte in proposito posso ormai asserire che si troverà difficilmente una valle laterale appena considerevole, senza che si trovi più o meno sviluppato un deposito lacustre, che si vede evidentemente determinato dall'arresto che dovevano subire le acque contro la barriera glaciale. Questi depositi lacustro-glaciali, se hanno una certa importanza, como altra delle prove del gran fenomeno che caratterizza l'epoca glaciale, sono destinati ad assumere un' importanza ben maggiore, come quelli, i quali, mediante i fossili che vi sono sepolti, ci forniranno quei documenti della vita nell'epoca stessa, che dai veri depositi glaciali ci sono negati. È sotto questo rapporto che noi studieremo più tardi alcuni di questi depositi lacustro-glaciali, che si possono intanto vedere delineati nel *sistema glaciale del lago d'Iseo.*

1158. Descriverò ora soltanto un caso speciale di deposito lacustro-glaciale, che mi parve singolarmente interessante per le circostanze di sua

Fig. 141. Profilo ferroviario fra Cisano e Pontida.

formazione, e per la sua evidenza. La ferrovia da Bergamo a Lecco incontra a Pontida una collina lineare che congiunge, a modo di argine, il monte Canto coll'Albenza. Il tunnel, con cui si dovette traforarla, la trovò composta di un'informe catasta di massi alpini. Essa non è in effetto che la morena frontale di quel ramo del ghiacciajo del lago di Como, che dovette insinuarsi fra le due montagne. Passato il tunnel, la ferrovia dovette condursi, mediante una trincea, attraverso un piano composto di argille a strati regolari, di cui si vede una bella sezione naturale sulla destra della ferrovia medesima. Ma quella trincea dovendo scavarsi a certa profondità, mise a nudo dei massi enormi, talora accatastati e im-

pigliati nell'argilla. La fig. 142 presenta una porzione di quella trincea, fotografata da mio fratello Carlo durante i lavori. La forma dei massi erratici vi è quanto si può dire parlante. Passato il torrente Sonna che, incide profondamente quel deposito d'indole lacustro-glaciale, la ferrovia,

Fig. 142. Trincea nel terreno lacustro-glaciale fra Cisano e Pontita.

mediante un'altra trincea, attraversa una seconda morena, la quale, non tenendo calcolo della erosione subita, lega di nuovo l'Albenza all'estremità settentrionale del M. Canto. Su questi dati si può con sicurezza rifare la storia di quel deposito lacustro-glaciale. Nel suo massimo periodo di avanzamento il ghiacciajo costrusse la morena di Pontita sulla sinistra della Sonna. In seguito a un periodo di primo regresso, lo stesso ghiacciajo si arrestò sulla destra del torrente, edificando la seconda morena. Fu allora che il torrente Sonna, il quale discende dall'Albenza, arrestato nella sua corsa, dovette dilagarsi entro la depressione determinata dai due rilievi morenici, e deporvi a strati regolari le sue fanghiglie, che impigliarono o seppellirono i massi, formanti le basi delle morene, o sparsi dal ghiacciajo, durante il regresso, sullo spazio che le due morene divide.

1159. Vi ha un altro modo per cui può, mediante un ghiacciajo, determinarsi un lago. Non vi ha nulla in fatti d'impossibile che la stessa valle principale percorsa dal ghiacciajo possa, ritirandosi il ghiacciajo, con-

vertirsi in lago. Ciò avverrebbe quando le morene frontali, che sbarrano la valle principale, siano in grado di trattenere il deflusso delle acque. Io credo indubitatamente che sia questa l'origine dei grandi laghi lombardi, che occupano appunto le parti più depresse delle grandi vallate alpine, già occupate dagli antichi ghiacciai, e si arrestano precisamente ai limiti interni delle morene frontali. È un fatto che i nostri laghi lombardi si sprofondano più centinaja di metri sotto il livello del mare; è un altro fatto che tra i laghi e il mare non si frappongono che il terreno glaciale e le alluvioni della pianura, composte per la massima parte di terreno glaciale, demolito e distribuito posteriormente dai fiumi. Togliamo i terreni glaciale e alluvionale, e sarà necessariamente stabilita la comunicazione del mare coi laghi. Quanto avverrebbe, esportando le morene e le dipendenti alluvioni, doveva necessariamente verificarsi quando le morene e le alluvioni non esistevano. Prima che i ghiacciai si avanzassero, il mare doveva dunque insinuarsi nelle nostre valli alpine, e i nostri laghi dovevano presentarsi precisamente come i *fiords* della Scozia, della Groenlandia, di tutte le coste più settentrionali. I ghiacciai discesero lungo quegli antichi *fiords*, precisamente come discendono ora nei *fiords* delle regioni nordiche. [1] Ove i ghiacciai si arrestavano, dovevano, coll'immane cumulo delle morene frontali, ingombrare i *fiords*. Quando i ghiacciai si ritirarono, rimase la barriera; e le valli, libere dal ghiacciajo, riempiendosi d'acqua, divennero laghi. Ciò non avvenne dei *fiords* nordici, poichè i ghiacciai, avendo avuto colà, come vedremo, uno sviluppo molto maggiore, dovettero raggiungere il libero mare, ove le morene frontali non poterono levarsi fino al pelo delle acque, tanto più che venivano mano mano disfatte e disperse dai ghiacciai galleggianti, i quali si staccavano, come avviene ora, [2] dalla fronte dei ghiacciai. Tale dispersione era invece resa impossibile dalla estrema angustia dei nostri antichi *fiords*, che si verifica precisamente ai limiti ove si arrestano i nostri laghi o si formarono le morene frontali dei nostri antichi ghiacciai. [3]

---

[1] Volume primo, § 418.

[2] *Ivi*, § 453-461.

[3] Questa teorica, che io da molti anni professo nelle scuole, e a cui mi riservava di dare tutto lo sviluppo in un' opera a parte, non avendone fatto che un cenno nelle mie *Note ad un corso di geologia*, è identica a quella esposta da Oscar Peschel, pure con molta dottrina, nella sua opera *Ausland*, pubblicata nel 1866, e che io non conosco per altro, se non per quanto ne riferisce il Reclus (*La terre*, Vol. II, pag. 173). Per non essere almeno accusato di plagio, mentre mi crederei in diritto di reclamare la priorità, ricorderò che il primo volume delle mie *Note ad un corso di geologia* porta la data del 1865. In esso, dopo aver confutata l'ipotesi di Mortillet, adottata da Gastaldi, che i laghi lombardi dovessero la loro origine ad uno spostamento (*affouillement*) dell'alluvione che occupava i laghi suddetti, coperti da ghiacciai, e dopo aver detto che una alluvione preglaciale *non poteva ad ogni modo*

CAPITOLO XXVIII.

UNIVERSALITÀ DEL FENOMENO CHE CARATTERIZZA IL PERIODO GLACIALE NELLE REGIONI ALPINE.

1160. Il restringermi alle Alpi, anzi ai soli versanti meridionali, fu un artificio didattico. Mi parve che, per la parte analitica di un fenomeno così complesso, che affettò in tanti modi la superficie attuale dei luoghi, dove il fenomeno stesse si verificò, convenisse fissarsi sopra una sola località, ove esso si presentava in tutta la sua varietà, grandiosità ed evidenza. Fatto questo, potrebbe bastare pel resto di avvertire il lettore, che i fenomeni studiati nella regione delle Alpi si presentano ugualmente in tutte le regioni alpine del globo, nelle stesse condizioni, negli stessi rapporti, cogli stessi accidenti.

L'abbassamento dei limiti delle nevi perpetue, e la maggiore estensione proporzionale dei ghiacci, è fenomeno universale, che caratterizza la detta per ciò *epoca glaciale*. Dell'avanzamento dei ghiacci nelle diverse regioni del globo, e sotto le diverse latitudini, possiamo farci un'idea, prendendo come unità di misura l'avanzamento dei ghiacciai sui versanti meridionali delle Alpi, tenendo conto delle diverse condizioni orografiche e fisiche, le quali si verificano nelle diverse contrade.

Contenti tuttavia di avere così abbreviata l'analisi, vogliamo rendere più chiara, definita, la sintesi, riportando sommariamente nel presente

---

espandersi sulla pianura, soggiungeva: « l'idea, credo non mai espressa da nessuno, che le » nostre vallate alpine si aprissero direttamente in mare, come i *cannoni* dell'America, come » i *fiords* della Groenlandia, non parmi da rifiutarsi senza discussione. » Il dare sviluppo a questo speciale argomento in questo *Corso*, mi dilungherebbe troppo. Mi riservo quindi di trattarlo nella *Geologia complementare*, che ho in animo di pubblicare. Per riguardo poi a ciò che dico circa l'angustia dei nostri antichi *fiords*, come quella che doveva opporsi alla sortita delle montagne di ghiaccio, si badi al fatto che, ad eccezione del lago di Garda, i nostri laghi terminano ciascuno in una vera strozzatura; il lago Maggiore, tra le due rupi a picco d'Angera e d'Arona; il lago di Como tra il monte Canto e la catena di Brianza; il lago d'Iseo tra il Colle d'Adro e le colline di Celoppio. Un'altra ragione si potrà forse trovare nell'assenza di quelle correnti marine, che determinano, in modo così evidente, l'uscita delle montagne di ghiaccio dagli strettoi delle terre polari.

capitolo i fatti, da cui risulta l'asserita universalità del fenomeno. Si rifletta inoltre che, per quanto siano varie le condizioni delle Alpi, e si prestino per ciò ad analizzarvi il fenomeno in tutte le sue forme, non si può dire che in esse si verifichino tutti quegli accidenti, che possono dar luogo alle diverse manifestazioni del fenomeno stesso. Io ritengo, per esempio, indubitatamente che diversi ghiacciai alpini raggiunsero il mare entro le angustie dei *fiords*. L'assenza delle morene frontali dell'antico ghiacciajo della Piave non lascia nemmeno dubitare, secondo le osservazioni del Taramelli, che quel ghiacciajo non abbia raggiunto il libero mare. Tuttavia l'immensa pianura alluvionale che separa le Alpi dal mare ci toglie di scoprire quelle tracce, che altrove ci riveleranno i rapporti dei ghiacci terrestri col mare e coi ghiacciai marini. Questo capitolo è dunque destinato: 1.° a una rassegna delle diverse regioni, dove si ravvisano i segni dell'antico avanzamento dei ghiacciai: 2.° a una rassegna delle specialità finora non osservate, e principalmente a mettere in evidenza il proporzionale sviluppo dei ghiacci polari terrestri e marini.

1161. Comincio a dire, se fa d'uopo ripeterlo, che i ghiacciai ebbero uno sviluppo sui versanti settentrionali, pari a quello verificatosi sui meridionali. I ghiacciai dei versanti svizzeri e tedeschi dovettero anzi presentare uno sviluppo maggiore, in quelle proporzioni precisamente in cui lo presentano gli attuali ghiacciai, confrontandoli sui due versanti. La Svizzera è il campo ove nacque e crebbe la teorica glaciale, per opera di quella gloriosa schiera di geologi, che illustrarono quella terra, principalmente di Venetz, Charpentier, Desor, Agassiz, Escher, Favre, ecc. Dalle sorgenti dell'Arve, del Rodano, del Reno, si avanzarono gli immani ghiacciai, invasero, quasi un mare di ghiaccio, i piani e i laghi dell'Elvezia, e deposero lontano lontano sui confini di altri paesi i ruderi del Monte Bianco, della Jungfrau, del San Gottardo, del Lukmanier e dello Spluga. Il grande altipiano del Giura, che gira parallelo alle Alpi a nord dell'elvetica pianura, trovossi invaso dai ghiacci alpini, che vi si gettarono a ridosso, quasi vasta fiumana, e vi deposero la maggior parte di quell'immenso detrito, che i nostri ghiacciai invece abbandonarono alla pianura. Invano dunque cercheremmo nella Svizzera quello stupendo apparato di morene frontali, che rende classica la nostra terra, ove i ghiacciai potevano disegnare liberamente nel piano l'immenso arco della loro fronte. Non v'ha del resto fenomeno riferibile a ghiacciajo alpino che non si ripeta nella Svizzera a scala gigantesca.

1162. Ciò che dicesi nella Svizzera si ripeta di tutti i versanti settentrionali delle Alpi. Io ho potuto ammirare gl'immensi apparati glaciali sul versante settentrionale del Brenner, lungo l'Inn, nei dintorni di Salzburg,

ove si ammira il lago di Bertesgaden, determinato, come i nostri grandi laghi, dallo sbarramento di una chiusa alpina, mediante una morena frontale, e principalmente lungo il Danubio da Linz a Vienna, dove il passaggio di un immenso ghiacciajo è specialmente rivelato da quei colli arrotondati di granito che lo fiancheggiano per lunga tratta. [1]

1163. Dipartendoci dalle Alpi, daremo da prima uno sguardo fuggitivo all'Apennino. Dell'esistenza del terreno glaciale nelle regioni centrali e meridionali d'Italia non si era raccolto finora indizio nessuno. Solo recentemente il prof. Cocchi aveva sospettato l'esistenza di antichi ghiacciai nelle Alpi Apuane, e ne citava come documento l'esistenza di un'arenaria della Val di Magra, che appariva solcata e attondata in modo analogo a quello che è offerto dalle roccie delle regioni alpine. In questi giorni però (giugno 1872) verificai l'esistenza di una morena frontale, indizio sicuro dell'esistenza d'un antico ghiacciaio, che occupava l'alto bacino della Val d'Arni. Tale scoperta ci autorizza a ritenere indubbiamente che il terreno glaciale si troverà sviluppatissimo nelle Alpi Apuane, specialmente sui versanti settentrionali, la cui esposizione è più favorevole alla formazione dei ghiacciai, di quella offerta dalla Val d'Arni, aperta a mezzogiorno. Ritengo inoltre che il terreno glaciale debba trovarsi nel gran gruppo dell'Apennino centrale, dove abbiamo la Majella che raggiunge i 2793 metri di elevazione, e il Gran Sasso d'Italia, che si spinge fino a 2899 metri, mentre le montagne della Val d'Arni si arrestano verso i 1600.

1164. Dalle Alpi e dagli Apennini, passando alle regioni centrali o settentrionali d'Europa, incontriamo dapprima la catena de' Vosgi. Essa presenta ancora de' piccoli ghiacciai, che si possono dire ghiacciai in miniatura in confronto dei ghiacciai alpini. Anche là tuttavia si offrono non dubbî indizî di un'*epoca glaciale*, cogli stessi caratteri che si rivelano nelle Alpi. [2]

1165. Proseguendo a nord verso l'Inghilterra, troviamo che il gruppo delle Isole Britanniche presenta pure a larga scala le tracce di un'epoca glaciale. Le roccie lisciate, striate, i colli arrotondati, sono distintissimi nelle montagne del Cumberland e del Westmoreland. Tali traccie furono seguite da Phillips dal Cumberland verso est sopra gran parte del Yorkshire fino all'altezza di 450^{m} sopra il livello del mare. Così sparsi sopra vasta estensione sono i terreni di trasporto glaciale. Qui tuttavia i fenomeni glaciali presenterebbero già una complicazione. Certi massi erranti, sparsi

---

[1] I tedeschi si occuparono in genere assai poco dello studio del terreno glaciale, destinato a produrre a suo tempo un'enorme bibliografia.

[2] Collomb, *De l'existence des anciens glaciers dans les vallées des Vosges*. Paris, 1847.

singolarmente nelle contee del nord e dell'interiore, non si spiegherebbero, giusta l'opinione di Lyell e di altri, coll'intervento di antichi ghiacciai alpini, mentre invece risponderebbero bene all'ideale dei ghiacci marini galleggianti. Ma essi massi galleggianti non potrebbero depositarsi che sul lido all'attuale livello del mare. Come dunque esisterebbe il masso descritto da Darwin nel Staffordshire all'altezza di 241^m, depostovi, secondo Lyell,[1] dai ghiacci galleggianti? Anzi, supposto uno sviluppo dei ghiacci polari, quali indizi avrebbero potuto lasciare sulle coste, appena superiormente al livello del mare?

1166. I ghiacci galleggianti (appunto perchè la loro azione è necessariamente legata alla presenza del mare al livello delle coste, dove possono deporre il loro detrito o imprimere i segni dei loro urti) potranno offrirci una nuova serie di indizi di sollevamento, quando i massi da loro trasportati si trovino ad un livello superiore a quello del mare. Le terre a nord dell'Europa infatti, che ci manifestano i più sicuri indizi dello sviluppo di ghiacciai terrestri, ci mostrano in pari tempo le traccie di quello dei ghiacci marini, che alla loro volta attestano il sollevamento di quelle contrade in epoca relativamente recente. In Inghilterra le striature e gli arrotondamenti rivelano i ghiacciai alpini fino all'altezza di 450^m; le conchiglie marine, in terreni di trasporto con caratteri glaciali, all'ordinaria altezza di 60-90^m, e nel Derbyshire fin di 150-210^m rivelerebbero quella, secondo Lyell, dei ghiacci galleggianti. Bisogna notare però, e sia detto anche pei fatti che andremo citando più oltre, che Lyell (partitanto o piuttosto inventore della teorica dei ghiacci galleggianti, applicata alla spiegazione di tutti gli antichi fenomeni glaciali), benchè ammetta, anzi dia bellissimo sviluppo nella sua opera più recente alla teorica de' ghiacciai alpini, sembra ancor troppo preoccupato dalle sue idee preconcette, o spesso imbarazzato a distinguere gli effetti che possono ripetersi da una, piuttosto che da altra causa, in paesi i quali è certo ormai che nell'epoca glaciale trovavansi, o in tutto o parzialmente, nelle condizioni dello Spitzberg, della Groenlandia, ecc., dove pertanto bisogna distinguere i depositi morenici o terrestri, o i depositi più anormali prodotti dai ghiacci galleggianti. Le conchiglie marine, p. es, non distinguono un detrito deposto allo sbocco di un ghiacciajo in mare da quello che è ammucchiato dai ghiacci galleggianti. Bisognerebbe dunque aver ricorso ad altri distintivi; vedere, p. es., se il detrito conchifero riposa sopra roccie che, essendo regolarmente striate e arrotondate, indicherebbero il progresso, quindi il regresso di un ghiacciajo littorale sopra un fondo marino.

[1] LYELL, *De l'ancienneté de l'homme*, pag 283.

1167. Qui ho bisogno che il lettore ricordi ciò che fu esposto già circa il modo di comportarsi dei ghiacciai, che dalle terre si spingono in mare. Sul fondo marino il ghiacciajo, fin che posa, agisce come sul fondo di una valle; le roccie di fondo saranno cioè lisciate, striate, scanalate, arrotondate. Il detrito morenico (salvo la parte che viene esportata dai ghiacci galleggianti) si accumulerà sul fondo marino, come nelle valle o nel piano. Rimestato o distribuito dal mare, secondo la sua possa, e abitato da animali marini, piglierà la forma di un deposito marino detritico. Se il ghiacciajo si ritira, i depositi marino-glaciali copriranno il fondo roccioso striato ed arrotondato. Tutte queste cose furono già dette o dimostrate.[1] Ora aggiungiamo che, se avviene un sollevamento delle coste, il fondo marino, striato, arrotondato, emergerà, ricoperto di depositi detritici, marino-glaciali, fossiliferi. È quest'ultimo fenomeno che si presenta a grande scala nel nord d'Europa e altrove, ed è l'unico, io credo, che sia veramente accertato finora, come risulta dai fatti che andremo esponendo. Quanto ai fenomeni, che indicherebbero la dispersione dei ghiacci galleggianti, non ci trovo finora nulla di certo.[2]

1168. Cominciando dal paese di Galles, se stiamo alla descrizione dataci

---

[1] Volume primo, § 452 e 162.

[2] Gli indizi della dispersione degli antichi ghiacci galleggianti, piuttosto che in Inghilterra, o in genere nei paesi più settentrionali, dovrebbero, per mio avviso, cercarsi sulle coste meridionali del Mare del Nord, del Baltico, in genere nei paesi temperati. Se i ghiacciai dell'Inghilterra o della Scozia, come ora quelli della Groenlandia e dello Spitsberg, giungevano al mare; le montagne di ghiaccio dovevano piuttosto partirne che arrivarvi. Come attualmente dalla Baja di Baffin giungono in frotta al banco di Terranova; così dovevano allora arrivare sulle coste dei Paesi Bassi o della Germania, dai Mari del Nord, durante l'estivo disgelo (Volume primo, § 418). Io credo sia questa l'origine del terreno erratico che si scopre nei dintorni di Berlino. Nell'agosto del 1867, trovandomi in quella città, venni invitato dal signor dottor Kunt a visitare insieme gli scavi dei massi, che si trovano nei dintorni della città, a una certa profondità, in un deposito detritico, d'indole piuttosto caotica. Di ritorno da un viaggio nella Scandinavia, dove aveva studiato il terreno glaciale, il giovine geologo era bramoso di verificare se il terreno di Berlino ne presentava i caratteri. Condottici in luogo, dove uno spaccato abbastanza profondo mette a nudo il terreno detritico, che costituisce la grande pianura fino al Baltico, e che si ritiene universalmente come terreno di semplice alluvione, avemmo ben presto ad accorgerci che ben d'altro si trattava. Il terreno di Berlino presenta, in ordine discendente, la seguente serie:

1.° *Lehm*, o fango misto a terriccio, dello spessore di circa 6 piedi.

2.° *Sand*, o sabbia della potenza di 25 piedi. Alla base di questo grosso deposito si scoprono gli avanzi del *Rhinoceros leptorhinus*, o dell' *Elephas primigenius* (Mammouth).

3.° *Lehm*, come sopra, con 8 piedi di spessore.

4.° *Sand*, come sopra, dello spessore di 30 piedi.

5.° *Thon*, o argilla dello spessore di 10 piedi.

In tutti i depositi citati, ad eccezione dell'argilla n.° 5, si trovano ciottoli e massi erratici d'ogni dimensione, e in numero stragrande. Tutti quei massi provengono indubbiamente dalla Svezia, o per dir meglio dalle regioni al di là del Baltico. Appartengono principalmente alla formazione granitica o alle roccie sedimentari della serie paleozoica. Della loro

da Bukland e confermata da Darwin, [1] la massa alpina dello Snowdon nel Caernarvonshire, è come il centro da cui si irradiarono i ghiacciai per sette valli principali. Ne furono descritte le morene, i colli arrotondati, le roccie striate; ma gran parte del terreno di trasporto glaciale è d'origine marina. Conchiglie marine furono trovate in abbondanza nel terreno di trasporto riposante sopra roccie striate, all'altezza di m. 300 a 400. Lyell ne raccolse a m. 390 in un deposito di ghiaje e sabbie stratificate, dello spessore di m. 15, alla cui base osservò ciottoli lisci e striati. Qui è necessario ammettere un sollevamento; ma perchè si ammetterà una doppia oscillazione, come vorrebbero Lyell, Darwin, ecc., e una tripla come Ramsay? Il ghiacciajo terrestre potevasi sommergere, aderendo al suolo, fino a centinaja di metri, lisciando le roccie del fondo, deponendovi i ciottoli striati, ecc. Ritirandosi il ghiacciajo, le conchiglie ne occuparono il detrito. Un sollevamento produsse l'emersione di tutto questo sistema glaciale terrestre-marino.

1169. Le traccie degli antichi ghiacciai sono sviluppate in modo eminente nella Scozia. Si distinguono fino all'altezza di m. 900. [2] Le montagne dei Grampians, nella contea di Aberdeen, formano una massa centrale, dalle

---

mole, talora strepitosa, può darci un'idea il bacino gigantesco di granito rosso di Svezia del diametro di circa 7 m. che si ammira sulla gran piazza davanti al nuovo Museo. Del resto quei massi erratici sono ovunque dissotterrati dalla pretesa alluvione e impiegati nella edilizia. Ma la cosa principale verificata, credo per la prima volta da noi, è la presenza di ciottoli striati, di massi spianati e scanalati, che attestano l'origine indubbiamente glaciale di quel trasporto. Non so se siansi finora intrapresi gli studi necessari per spiegare la formazione di quel terreno, in condizioni troppo diverse da quelle in cui si presenta d'ordinario il terreno glaciale. Volere che gli antichi ghiacciai della Scandinavia, riempito il Baltico come i ghiacciai Alpini riempirono i laghi, venissero a scaricare la loro fronte sulle coste della Germania, parmi un voler troppo. Non volendo però rifiutare di botto l'ipotesi, bisognerebbe ammettere che le morene, già esistenti nei dintorni di Berlino, fossero state rimestate e demolite dalle acque, le quali ne avrebbero formato un terreno alluvionale, la cui origine primitiva sarebbe attestata dalla presenza dei ciottoli striati e dei massi erratici. Ma io inclino a credere che si tratti invece di montagne di ghiaccio, che, attraversato il Baltico, erano sbattute sulle coste germaniche, e forse spinte ed ammucchiate nell'interno delle baje e delle lagune, dove, struggendosi il ghiaccio, si accumulava il detrito morenico, che veniva in seguito rimestato dalle acque. Potrei richiamare in proposito i fatti che si osservano nel golfo di San Lorenzo e sulle coste del Labrador (Volume primo, § 461). L'unica circostanza che mi impedisce di sostenere in modo meno dubitativo questa teoria, è la natura del *Thon* N.° 5, alla base del terreno glaciale, la quale è d'origine lacustre, contenendo conchiglie d'acqua dolce, per es., *Paludina*. Gli è per ciò che accennai alla possibilità di lagune soggette all'incursione dei ghiacci galleggianti, sapendosi del resto come le lagune possono divenire bacini d'acqua dolce. Osserverò anche come i massi erratici, stranieri alla formazione argillosa, vi si trovano però talvolta, come massi che vi si sprofondarono pel proprio peso. Attendiamo del resto che i geologi tedeschi si occupino un po' più che non hanno fatto finora dei loro terreni di trasporto, considerati in rapporto col fenomeno glaciale.

[1] Lyell, Op. cit., pag. 277.

[2] Lyell, Op. cit., pag. 251.

cui sommità irradiavano i ghiacciai in tutti i sensi. Dalle descrizioni pare doversi dedurre che i ghiacciai scozzesi giungessero fino al mare, in guisa che la Scozia si trovasse nelle attuali condizioni dello Spitzberg. Osservai io stesso presso la città di Glasgow le arenarie del carbonifero meravigliosamente lisciate e striate. Testè volevasi, tenendo a calcolo la dispersione degli erratici piuttosto che la loro distribuzione, volevasi, dico, che la Scozia fosse stata interamente sommersa; ma le splendide illustrazioni pubblicate convinsero anche Lyell che alla teorica dei ghiacci galleggianti rimanesse ben angusto il campo. Un deposito nella valle di Tummel che dai 180 m. si eleva fino ai 465 m. sul livello del mare, composto di strati regolari di fango e di sabbie con entro disseminati ciottoli e massi striati, era invocato da Jamieson, benchè non ci si trovassero conchiglie come testimonio della presenza del mare a quell'altezza. Ma egli stesso osservò poi che quel terreno è disposto in una depressione tra due contrafforti di roccia. Un enorme ghiacciajo lo avrebbe potuto sbarrare e dare luogo ad un lago laterale o a ciò che noi chiameremo *morena rimestata*. È nelle precise condizioni che si trova la morena rimestata al ponte di Lecco. Lyell ammette come probabile una tale spiegazione; ma non vuol rinunciare all'idea di una vasta sommersione della Scozia. Anche qui però si avvera il fatto che si trovano conchiglie marine fino alla rispettabile altezza di 157 m. I monti Grampians sono alti da 900 a 1200 metri.

1170. In un vallone della Scozia, detto Glen-Roy, si osservano tre cordoni o rilievi paralleli e perfettamente orizzontali, che corrono tutte le colline all'ingiro per oltre 16 chilometri. Si direbbero terrazzi artificiali intagliati nelle colline, larghi da 3 a 18 m., stratificati al modo degli ordinarî depositi littorali. Il più basso è all'altezza di m. 255 il secondo di m. 318, il terzo di m. 343.

Tutti sono d'accordo nel riconoscere in quei terrazzi, e in altri consimili, dei depositi littorali. Anche qui si volle introdurre il mare, ammettendo successivi sollevamenti, la cui regolarità sarebbe invero meravigliosa. Ma la spiegazione più plausibile è quella data da Agassiz, e adottata da Jamieson. Il Glen-Roy è orograficamente disposto per essere sbarrato da un gigantesco ghiacciajo. Sulla via che esso dovrebbe percorrere, trovansi diffatti tutti gli indizî di un antico ghiacciajo. Il Glen-Roy si sarebbe convertito in lago di ghiacciajo; avrebbe avuto tre (anche quattro, da altri indizî) successive fasi di decrescimento; i tre terrazzi segnano i tre lidi successivamente formatisi.

1171. Il dott. Hooker ha descritto terrazzi molto simili nelle alte valli dell'Himalaya, e ne ha disegnati molti. Riguarda tali risalti, osservati nell'India, come prodotti dai lembi di laghi di ghiacciai, formati dall'attra-

versarsi dei ghiacciai alle valli, nel modo stesso che sarebbe rimasta sbarrata la valle del Roy. Altri laghi invece nell'India si sarebbero formati nel vano o bacino lasciato tra la morena frontale più avanzata e il ghiaccio. Tali laghi infine sono analoghi ai laghi di morena, che si osservano benissimo in Lombardia. Come tipo di essi laghi potrei citare il laghetto di Bardello, circondato all' ingiro da terreno cretaceo, ora sbarrato a nord-ovest da un rilievo, certamente da una morena, che da Bardello va ad appoggiarsi alla collina rocciosa di Bregano.

1172. La Scozia non manca del resto di porgere esempî di vere morene, formanti sbarre di antichi laghi glaciali. Per esempio, la valle di South-Esk è attraversata da parte a parte da un monticolo allungato. La valle ha 800 m. di lunghezza, ed è limitata all'ingiro da monti alti ed erti. Il monticolo che l'attraversa, delimita un piano, superiormente, che ha tutto l'aspetto di un antico lago. La sbarra ha 60 m. di altezza, di cui 24 m., inferiormente, sono di detrito ciottoloso; il resto, superiormente, di strati di sabbia, che sembrano composti di detrito morenico rimestato. La composizione di tale morena fu messa a nudo dal fiume Esk, che vi si aprì un passaggio della larghezza di 270 m. Il luogo può essere elevato di 210 m. sopra il livello del mare.

1173. I terreni detritici e i massi erratici sparsi in abbondanza sulla penisola scandinavica da una parte, e le conchiglie marine a considerevole altezza dall' altra, hanno fatto sì che la Scandinavia servisse di tipo ai sostenitori della teorica dei ghiacci galleggianti. Era naturalmente ammesso, dietro quella teorica, che la Scandinavia fosse in gran parte, forse interamente, sommersa durante l' epoca glaciale. Kjerulf fu quello che combattè più efficacemente l'ipotesi, attribuendo ai fatti il debito valore.[1] Le tracce dell'azione glaciale si scoprono in Scandinavia a 1800 m. sopra il livello del mare. Le conchiglie marine invece non vi attingono che l'altezza di 180 m. Le striature non si accordano per la loro direzione, nè col movimento generale dei ghiacci che sarebbero venuti dai poli, nè con quello dei ghiacciai indipendenti che avrebbero, come nelle Alpi, occupato le grandi valli. Invece, la loro disposizione generale, la lor stessa irregolarità sarebbe in perfetta armonia coll' ipotesi che la Scandinavia fosse un giorno nelle condizioni della Groenlandia, coperta cioè da un fitto mantello di ghiaccio, che colava, da tutte le parti, fino al mare, senza che nè i minori rilievi del suolo, nè le depressioni secondarie potessero influire sensibilmente sull'andamento generale dei ghiacci.[2]

---

[1] LYELL, Op. cit., pag. 285.
[2] Volume primo § 1.1.

Ammessa un'epoca glaciale, nulla di più naturale che le condizioni attuali della Groenlandia tra il 70° e l'80° si portassero sulla Scandinavia tra il 60° e il 70°, che questa cioè si trovasse allora nelle condizioni che si verificano attualmente per quella. Le conchiglie marine, a 180 m. d'elevazione, confermano il fatto di un sollevamento post-glaciale, a cui sembra siano andate soggette in generale le regioni settentrionali d'Europa.

1174. Può dirsi che l'Irlanda e la Scandinavia si ritraggono scambievolmente quanto ai fenomeni glaciali.[1] Jukes descrisse i terreni di trasporto di quell'isola. I detriti o le roccie lisciate e striate si mostrano fino all'altezza di 750 m. Sopra questo limite (come si osserva nelle Alpi) le roccie sono irte, angolose. I monti più elevati hanno 1020 m. di elevazione. Le montagne d'Irlanda formavano anch'esse, dice Jamieson, un centro di dispersione, come lo abbiam notato per la Scandinavia. Nelle montagne del Bue (contea di Siligo) la direzione degli erratici è da nord-ovest a sud-ovest, cioè normale a quello della catena, come si osserva nelle Alpi. Nulla infine che meglio accenni allo sviluppo di antichi ghiacciai. Anche qui tuttavia le conchiglie marine si mostrano ordinariamente fino all'altezza di 180 m.

1175. Dall'esposto fin qui si può conchiudere che un'epoca glaciale è attestata dall'antico sviluppo de' ghiacciai nelle Alpi e in tutte le regioni a nord di esse. Ne troviamo però indizi nelle regioni più meridionali? Io non dubito che se ne debbano trovare nei Pirenei, nella catena del Balkan, nei monti della Tessaglia, ecc.; ma non mi consta che siensi fatti studî in proposito. Osserviamo tuttavia che non è soltanto dalle vestigia di ghiacciai che noi dobbiamo attenderci le testimonianze di un'epoca glaciale. Le più accurate indagini paleontologiche nelle Isole Britanniche hanno mostrato come la fauna marina dell'epoca glaciale, benchè consti di specie ancor viventi, presenta i caratteri di una fauna più settentrionale, per rapporto ai luoghi ove esse specie si raccolgono fossili. Ciò che si deduce dal confronto della fauna marina glaciale colla vivente risulta pure dal confronto della stessa fauna glaciale colla pliocenica. Dalle osservazioni di Forbes risulta infatti che diverse conchiglie, stabilite nei mari temperati dell'epoca pliocenica, al sopravvenire dell'epoca glaciale avrebbero emigrato verso regioni più meridionali, cercandovi un clima più confacente. Il signor Forbes ha dato una lista di 50 conchiglie, che abitavano i mari britannici, quando deponevansi il *crag corallino* e il *crag rosso* e vivono ancora negli stessi mari, mentre mancano nei depositi postplioce-

[1] Lyell, op. cit., pag. 285.

nici o glaciali. Quelle conchiglie dovettero, sulla fine del periodo pliocenico, emigrare verso il sud; rimanervi durante il periodo glaciale, per ritornare più tardi verso il nord all'antica sede. Il fatto appoggia splendidamente la tesi. Il signor Forbes mostra come quelle 50 specie trovansi tutte negli strati postpliocenici della Sicilia, dell'Italia meridionale, dell'Arcipelago greco, dove, durante il periodo glaciale doveva regnare quel clima stesso che caratterizza attualmente le latitudini più elevate dell'Europa.[1]

Se alle osservazioni di Forbes aggiungiamo le molte fatte recentemente sui terreni marini postpliocenici, sollevati sulle coste europee, da cui risulta l'emigrazione di molte specie delle regioni artiche alle alte latitudini di Europa; si può asserire che l'epoca glaciale e la sua universalità sono meglio provate dalle conchiglie marine che dai ciottoli striati e dalle morene allineate ai piedi delle Prealpi. Anche le conchiglie fossili raccolte in Sicilia da strati appartenenti all'epoca pliocenica od al principio dell'epoca post-pliocenica mostrano il predominio di specie settentrionali.

1176. L'Etna attualmente quasi ai limiti delle nevi perpetue, avrebbe potuto certamente dar origine a ghiacciai; ma non dimentichiamo che l'elevazione di un vulcano attivo può rimontare ad epoca relativamente recente. Ho già espresso del resto l'opinione che, col tempo, si scopriranno indizi di antichi ghiacciai nelle regioni più elevate dell'Apennino, per esempio al Gran Sasso, ecc.

1177. Ciò che finora non si verifica per l'Apennino centrale e per la Sicilia, sta però altrove sotto la stessa latitudine. Hooker nel 1860 scoprì delle morene sul monte Libano che discendono fino a 1200 m. dalla sommità, elevata 3060 m., ed ora affatto libera da nevi perpetue. Ecco un limite importantissimo che potrebbe guidarci a tracciare la carta degli antichi ghiacciai del vecchio continente. Non dimentichiamo che lo stesso Hooker avrebbe scoperto traccie d'antichi ghiacciai nell'India, e vide nel Sikkim crescere il mais sopra gigantesche morene. Lungo l'Himalaya le traccie degli antichi ghiacciai scopronsi a 500 miglia dai ghiacciai attuali e certamente ci arricchiremo in breve di notizie in proposito, mediante la grande opera che si va pubblicando dagli Schlagintweit. Darwin accenna pure all'antica azione dei ghiacciai nella Nuova Zelanda e nel sud-est dell'Australia.

1178. Indizi di un'epoca glaciale non mancano nel Nuovo Mondo. Nell'America del nord, dice Lyell,[2] tra il cerchio polare artico e il 42° pa-

---

[1] LYELL, *Manuel*, ecc.; FORBES, *Mem. Géol.; Survey Great Brit.* Vol. I, p. 386.
[2] Op. cit., pag. 371.

rallelo, si offrono traccie d'azione glaciale a scala pari e forse più grande che in Europa.

Il Canadà presenta circostanze molto simili a quelle delle regioni settentrionali d'Europa. Anche là si trovano conchiglie marine nei terreni detritici d'origine glaciale a 150 m. e fin a 210 m. sul livello nel mare. I massi erratici, essendo diretti da nord a sud, come le strie o le scanalature che sono impresse dappertutto, sembrano, secondo Lyell, attestare l'azione dei ghiacci galleggianti. Ma oltrecchè v' ha generale penuria di conchiglie marine, osservo che la direzione delle principali catene nel Canadà è tale da offrire un versante verso sud, che avrebbe dovuto determinare la dispersione dei massi nella accennata direzione sopra estensione grandissima. Trattandosi di paesi così vasti, bisogna attendere i risultati di ulteriori studî, tanto più che le nozioni che possediamo circa i paesi più meridionali sono piuttosto favorevoli allo sviluppo dei ghiacciai terrestri.

Infatti diversi gruppi di montagne negli Stati Uniti, per esempio, le Montagne Bianche, fra le quali il Monte Washington è elevato 1890 m., hanno agito evidentemente come centri di dispersione; e così, secondo Hitchcock, alcuni de' gruppi più importanti della catena del Massachussetts che inviarono nelle parti più basse i loro ghiacciai.

Ciò che presenta di più importante l'America settentrionale, per rapporto all'epoca glaciale, sono gli indizî dell'azione glaciale almeno dieci gradi più verso l'equatore di qualunque fenomeno d'ugual natura in Europa. Si noti che fenomeni di tal natura, e a tali latitudini, si manifestano colà dove non v' hanno nè montagne coperte di ghiaccio, nè elevazioni maggiori della media. Indizî di terreno erratico glaciale si mostrano infatti evidentissimi a Berkshire nel Massachussetts, e sui confini nello stato di New-York, a 210 chilometri dall'Atlantico, ad est di Boston, ai 42° 25 nord, latitudine che corrisponde in Europa al nord del Portogallo.

1179. I massi erratici, in zone regolari, corrono attraverso le colline o le valli per 8, 16, 32 chilometri. Dalla minutissima descrizione che ne fa Lyell[1] non si può dubitare dell'origine glaciale di quei massi e di quel detrito allineato; ma non si saprebbe concepire come i ghiacci galleggianti potessero disporre il detrito in quel modo, per quanto Lyell si sforzi di spiegare il fenomeno appunto così interpretato. La disposizione di quei detriti ha tutti i caratteri di morene allineate. Ma come possono quelle morene disporsi in linea verticale all'asse delle catene da cui discendono e alla direzione delle valli cui attraversano? Bisognerebbe esser sui luoghi. Intanto però osservo che la direzione da nord-ovest a sud-ovest

[1] Op. cit., pag. 373.

è la generale delle catene degli Stati Uniti; che quindi le colline di Berkshire possono forse figurare come semplici barriere di ostacolo in confronto di catene più a sud-ovest, da cui forse originarono i ghiacciai. È possibile che un mantello di ghiaccio coprisse interamente quelle regioni, ed allora le parziali eminenze o le parziali depressioni non potevano influire sulla direzione generale del ghiaccio, che scendeva da nord-ovest a sud-est verso le coste dell'Atlantico. In questo supposto, appena emerse, le vette delle colline poterono dar luogo a morene verticali ai loro assi, segnatamente nel periodo delle ultime oscillazioni che precedettero il definitivo regresso.

1180. Il terreno glaciale fu scoperto anche nell'America Meridionale. Null'altro ormai ci mancava per ammettere come rigorosamente dimostrata l'universalità dell'epoca glaciale.

Darwin, nel suo libro sull'origine delle specie, ha già accennato alla antica estensione de'ghiacciai nelle Cordigliere della porzione equatoriale dell'America del sud. Egli stesso ebbe ad esaminare nel Chilì centrale un vasto ammasso di detrito che attraversa la valle di Portillo, da ritenersi, secondo tutte le probabilità, una morena. Il signor Forbes inoltre gli communicò d'aver trovato nelle Cordigliere, tra il 13° e il 30° di latitudine sud, e all'altezza di circa 12000 piedi, roccie profondamente scanalate, quali s'incontrano in Norvegia, e ingenti ammassi di detrito con ciottoli striati. Notisi che attualmente non esistono ghiacciai su quella parte delle Cordigliere. I massi erratici d'immensa mole, trasportati ben lungi dalle rupi native, attestano l'azione glaciale ancora più a sud, cioè dal 41° di latitudine fino all'estremità meridionale del continente, sull'uno e sull'altro versante. In una lettera del 29 luglio 1872 il signor Agassiz descrive i fenomeni glaciali da lui studiati nella gran valle che corre tra le Ande e le montagne della costa, dal golfo di Ancud fino a nord di Santiago, quasi in continuazione dei canali che, dallo stretto di Magellano a Chiloe separano le isole dal continente colla sola barriera di Tres Montes. Quella valle immensa non era un giorno che il letto di un grande ghiacciajo che copriva, scorrendo da nord a sud, il 25° di latitudine. Ora è tutta seminata di terreno erratico, di morene e di laghi glaciali.[1]

1181. I geologi hanno ora un lungo studio da fare se vogliono distinguere nelle diverse regioni del globo ciò che va attribuito all'azione dei ghiacciai *alpini*, ossia terrestri, da quanto si deve ai ghiacci marini, singolarmente alle così dette *montagne di ghiaccio* che dovettero certamente invadere a frotte la zona intertropicale nell'epoca glaciale. Già abbiam

[1] Dal giornale *Le Touriste*, 22 novembre 1872.

visto come nelle regioni settentrionali di Europa lo sviluppo glaciale si presenta sotto il duplice aspetto di *terrestre* e di *marino*. Il glaciale marino non pare finora attestato con sicurezza che dalla presenza delle conchiglie marine, ma l'azione dei massi galleggianti attendo di essere rivelata da fatti un po' meglio caratteristici delle striature e delle lisciature, che io ritengo effetto esclusivo di ghiacciai terrestri, sia che agiscano sui fianchi dei monti, sia che agiscano a rispettabili profondità sul fondo del mare. Comunque però si debbano spiegare le diverse specialità del terreno glaciale nelle diverse regioni del globo, quando noi troviamo già a quest' ora evidenti indizi o di uno straordinario aumento di ghiacciai nell' Europa settentrionale come nelle Alpi, nella Siria, nell' India e nell'America Settentrionale come nella Meridionale, siamo già autorizzati a conchiudere alla universalità di un'epoca glaciale che, ressasi sensibile a tutte le regioni del globo, non costituisce più un fenomeno isolato, una modificazione regionale, ma deve considerarsi come un fatto generale, un fenomeno tellurico, eminentemente caratteristico di un'epoca che precede appena l'epoca attuale.

1182. Dagli studi fatti finora risulterebbe che il terreno glaciale sulle sponde dell'Atlantico non si trova oltre il 50° dal lato dell'Europa e oltre il 40° dal lato dell'America. Non perdiamo di mira che anche entro i detti limiti il terreno glaciale non occupa che zone relativamente anguste sui fianchi delle catene o attorno ai centri di dispersione dei massi erratici. Senza ricorrere ad ipotesi di grandiose rivoluzioni del globo, un minimo decremento della media temperatura annuale od un aumento della media dell'umidità atmosferica potrebbero abbastanza spiegare l'estensione degli antichi ghiacciai. È un calcolo da farsi, ed avrebbe per base le altezze attuali delle nevi perpetue sotto le diverse latitudini. Intanto il fenomeno principale che caratterizza l'epoca glaciale non può più intendersi, come s'inteso da alcuni geologi, e si intende ancora dal volgo, che, pigliando alla lettera le parole *epoca glaciale* credono proprio che tutto il globo fosse avviluppato entro un mantello di ghiaccio. Se tale non era veramente l'opinione dei geologi, non dubitarono però alcuni di affermare che uno strato di ghiaccio copriva la Scandinavia e le isole Britanniche non solo, ma il Mediterraneo, l'Atlantico, l'America Settentrionale. I fatti ci han dimostrato che lo sviluppo glaciale fu assai limitato, e in rapporto coi ghiacciai attuali. I ghiacci d'Italia non giunsero che nelle regioni più settentrionali dell'alta Italia. In equa proporzione, relativamente alle latitudini, si dilatarono i ghiacciai dell' Europa settentrionale e i ghiacci polari.

1183. Per spiegare, qualunque ne sia il limite, lo sviluppo degli antichi

ghiacciai, bisogna prima rispondere ad una quistione. L'epoca glaciale fu sincronica per tutte le regioni del globo dove ne scorgemmo le tracce? Parmi si possa, senza timore di errare, rispondere affermativamente. Trovo lo sviluppo dei ghiacciai crescente da sud a nord con una certa regolarità. Se i ghiacciai alpini giunsero soltanto ai limiti meridionali dei nostri laghi, quelli delle Isole Britanniche toccarono il mare e probabilmente vi si spinsero ben addentro; la Scandinavia poi era tutta involta da un mantello di ghiaccio. Dunque lo sviluppo de'ghiacci era, come oggi lo è, proporzionale alle latitudini. Perchè, per esempio, si sarebbero agghiacciati i piedi delle Alpi, mentre l'Inghilterra godeva di un tiepido clima? Più che ad altro io appoggio la mia affermativa al concetto dell'accordo e della mutua dipendenza tra i fenomeni del globo. Del resto l'universalità degli effetti dice probabile l' universalità della causa e quindi la contemporaneità degli effetti stessi.

Ma la questione va portata sul campo della stratigrafia e della paleontologia. Dobbiam vedere quale livello occupi nella serie stratigrafica il terreno glaciale: se il periodo glaciale succeda veramente, come abbiamo espresso nella *Tavola sinottica dei terreni* (§ 277) all' epoca pliocenica, poi quali ne fossero le condizioni, principalmente nei rapporti della animalizzazione del globo, sicchè possiamo continuarne la storia, venendo fino a noi. Il livello del terreno glaciale potremo forse stabilirlo sopra dati stratigrafici: avvertiamo però che, trattandosi per lo più di una formazione tutta terrestre, i canoni ordinari della stratigrafia non sono applicabili. Quanto alla paleontologia, il terreno glaciale la esclude. Le spoglie organiche, che per avventura fossero state involte in un elemento che si può dire la negazione della vita, sarebbero state stritolate, annientate dallo stesso elemento che stritolava, annientava, i quarzi o le roccie più dure. Ma i depositi glaciali son essi gli unici che si formarono durante l'epoca glaciale? No certamente, poichè una piccola porzione soltanto delle terre e dei mari era coperta dal ghiaccio. Abbiamo anzi già accennato a quei depositi marino-glaciali, dove son conservate le reliquie della fauna marina dell' epoca. Ma la fauna marina ha già perduto il novantanove per cento della sua importanza, dal momento che coi terreni terziari si inaugura un'êra tutta terrestre. Sarebbe necessario adunque di poter stabilire quali siano i terreni contemporanei, equivalenti, del terreno glaciale che possono contenere le reliquie della fauna e della flora terrestre, e avremmo trovato, allora soltanto, il mezzo di formarci un concetto dell'epoca glaciale, di narrarne la storia particolare, che è una parte di quella storia generale del globo e de' suoi abitatori, che forma l'oggetto della geologia. A queste indagini è riservato il seguente *capitolo.*

CAPITOLO XXIX.

LIVELLO STRATIGRAFICO ED EQUIVALENTI DEL TERRENO GLACIALE.

1184. Rimane adunque inteso ciò che abbiamo dimostrato nei capitoli precedenti, che fuvvi un tempo in cui i ghiacciai delle Alpi, del pari che i ghiacciai di tutte le catene del globo, compreso le regioni polari, presero un singolare sviluppo, e si avanzarono ben oltre i loro presenti confini, lasciando ovunque le traccie del loro passaggio, e seminando e accumulando quel detrito, che costituisce, sotto diverse forme a noi note, il terreno erratico propriamente detto, ossia il *terreno glaciale*. Il terreno glaciale, così ben caratterizzato nelle sue diverse forme, così ben sviluppato entro certi limiti, in tutte o quasi tutte le regioni del globo, ha tutti i requisiti per essere annoverato tra i migliori orizzonti geologici, e di servire precisamente come orizzonte dell'epoca neozoica. Non rappresenta però certamente tutta l'epoca glaciale da solo, da che terre, o mari, o fiumi, o laghi esistevano allo scoperto, vasto teatro ove continuava lo spettacolo della vita. Aggiungi che il fenomeno glaciale caratterizza certamente un'epoca recente; ma quest'epoca non è ancora precisata; il terreno glaciale cioè non ha ancora accertato il suo posto nella serie stratigrafica. Ci restano adunque molte questioni a trattare, principalmente le seguenti:

1.° In quali rapporti si trovano i depositi glaciali coi terreni terziari?

2.° Esistono formazioni posterziarie anteriori alle formazioni glaciali?

3.° Quali terreni, benchè sotto diverse forme, possono ritenersi contemporanei del glaciale?

4.° Qual fauna caratterizza specialmente l'epoca glaciale?

Vedremo di rispondere come meglio ci sarà possibile a queste e ad altre questioni.

1185. Che il terreno glaciale sia un terreno recentissimo risulta troppo evidente della stessa sua giacitura. Esso è veramente l'ultimo che accenni a qualche rimarchevole cambiamento nella economia del globo, e la più

recente delle formazioni che non possano dirsi, in senso stretto, formazioni attuali. Le antiche morene giacciono quasi intatte sulla superficie del suolo, dove il ghiacciajo lo depose; i massi erratici pendono in bilico sullo scoglio ove si librarono la prima volta. L'orografia e l'idrografia delle Alpi fu perfettamente stabilita d'allora in poi: le alluvioni d'oggi non sono che una continuazione del lavoro degli stessi fiumi, i quali si apersero un varco attraverso le morene quando il ghiacciajo si ritirò, o continua a prodursi la torba nei bacini non mai sturbati, da che ebbero origine dallo sbarramento delle antiche morene.

1186. Che poi il terreno glaciale sia succeduto immediatamente al terreno pliocenico o subapennino, è cosa ugualmente ovvia. Il terreno glaciale è il terreno della superficie su quegli ultimi rilievi delle Alpi, ove si mostra il terreno pliocenico. Su quel lungo tratto, ove si scopersero così ben caratterizzate le argille e le sabbie subapennine fra il lago Maggiore e il lago di Como, è anche sviluppatissimo il terreno glaciale. Essi non affiorano che dove il terreno glaciale venne profondamente eroso dai fiumi. È così che furono messi allo scoperto gli strati pliocenici del Faido, della Folla d'Induno, dei dintorni di Balerna, ecc. (§ 1021), e si videro soggiacere immediatamente, senz'altra interposizione, al terreno glaciale. Dove il terreno pliocenico è rappresentato dal conglomerato alluvionale, cioè dal ceppo, su questo posa il terreno glaciale.

1187. Alcuni geologi, fra gli altri i signori Gastaldi e Mortillet, sostennero che una *alluvione antica quaternaria* si frapponesse tra il pliocene e il glaciale. Mi mancano osservazioni personali per discutere i fatti riferiti dal Gastaldi, dai quali risulterebbe l'esistenza di quell'*antica alluvione* nella zona glaciale subalpina del Piemonte. Ma, se come non dubito, si verifica pel Piemonte ciò che il Mortillet ha notato in Lombardia; la pretesa alluvione antica non sarebbe che l'alluvione pliocenica, ossia il *ceppo*. Il signor Mortillet, passando in rassegna le diverse località, dove osservò una antica alluvione sotto il glaciale, non manca mai, o quasi mai, di osservare che quell'alluvione è cementata, forma una puddinga. In fatti le località, che il Mortillet accenna, sono quelle ove si mostra il ceppo. Ma se non valessero gli argomenti, coi quali abbiamo dimostrato che il ceppo appartiene al pliocene; rimarrebbe sempre a domandarsi come possano essere quaternarie delle alluvioni, costituite da roccie diverse da quelle che dovevano derivare dalle grandi vallate alpine; come possano essere quaternarie delle alluvioni, le quali preesistevano alle stesse grandi vallate alpine, che furono appunto determinate dal grande sollevamento da cui furono posti in secco i depositi marini pliocenici e rotto il vasto littorale del mare pliocenico subalpino costituito appunto dal ceppo. Sono

cose già dimostrate; ma vale la pena di citare alcune osservazioni, che varranno a mettere in chiaro i rapporti di successione immediata fra il ceppo pliocenico e il terreno glaciale, come i fatti già riportati (§ 1027) misero in luce i rapporti di contemporaneità fra lo stesso ceppo e le argille marine plioceniche.

1188. Il ceppo, come dissi, preesisteva alle grandi spaccature alpine, formando un gran littorale pliocenico subalpino. Il sollevamento che ebbe luogo fra l'era cenozoica e la neozoica, produsse le grandi spaccature, cioè le grandi vallate alpine, che partono dall'asse della depressione adriatica, internandosi nel cuore delle Alpi. Quelle grandi spaccature incisero tutti i terreni fino al pliocene, nel quale comprendiamo il ceppo. Il ceppo si mostra in fatti ovunque spaccato nella direzione delle grandi valli alpine, che devono trapassarlo per raggiungere la pianura. I ghiacciai, che venivano ingrossando in seno alle Alpi, infilarono le grandi gole alpine, riempirono i laghi, che sono parti di quelle gole, e sboccando ai limiti dell'attuale pianura, si insinuarono in seno allo stesso ceppo, e dove attinsero una sufficiente elevazione, rigurgitando, per dir così, dalle gole ov'erano incassati, si espansero sull'altipiano pliocenico e deposero sul ceppo le loro morene. Il descritto processo mi risultò quanto si può dire evidente dallo studio geologico di quel tronco dell'Adda che si rimonta da Cassano a Brivio.

1189. Il letto dell'Adda sotto Cassano consta, come è naturale, di una miscela di roccie d'ogni provenienza. In quelle vicinanze l'Adda comincia ad incassarsi nella puddinga durissima, che si eleva a perdi'o assai più ripido che non sia quello del fiume, benchè il fiume travolga colà un detrito non inferiore per mole a quello che costituisce la puddinga. Infatti, dietro misure barometriche da me eseguite, so la puddinga è a Trezzo elevata circa 40 metri sul pelo del fiume, presso Paderno lo è già circa 100^{m}, il che darebbe la differenza di circa 40 metri tra il pendio del fiume e quello della puddinga, sulla linea di pochi chilometri. Se verso Rivolta la puddinga si rivela appena al pelo della corrente, a Trezzo forma altissime pareti, e sotto Paderno si eleva per lo meno a 100 metri. Le pareti della puddinga sono sempre verticali e non porgono indizio veruno che il letto dell'Adda, così incassato, sia prodotto da erosione fluviale. Sopra la puddinga riposa un terreno alluvionale incoerente di parecchi metri, di cui si osserva la sezione alla stazione di Cassano. Io l'ho studiato a Canonica, e lo trovai composto di roccie che si direbbero più che altro una provenienza della Val-Brembana. Assicuro per lo meno che dalla Valtellina non venero sicuramente. Anche il *ceppo* ha tutt'altro aspetto da quello di una congerie di roccie provenienti dalla Valtellina. Ascendendo lungo

il fiume, passata la gora di Trezzo, si apre un ampio bacino le cui sponde sono formate dal ceppo, ossia dalla puddinga. Il fondo di quel bacino è riempito da una accumulazione di detrito incoerente, entro il quale serpeggia l'Adda avendovi formato un bellissimo terrazzo. Questo detrito, contrariamente a quanto abbiam osservato pei precedenti, ha i caratteri d'alluvione alpina, contenendo le stesse roccie che io trovo nelle morene di Lecco, di Brianza, ecc. I massi vanno facendosi più grossi; ogni seno formato dalla puddinga è riempito da cumuli di un tale detrito; e la puddinga stessa è presto in alto coronata dalle morene di Merate, e della sponda bergamasca.

1190. Ecco le mie conclusioni:

1.° Il ceppo di Brembate e di Trezzo, cioè la puddinga pliocenica, fu presa da Mortillet per *alluvione antica*. L'ultimo sollevamento delle Alpi formò i laghi, rialzò la puddinga pliocenica, che, spezzandosi nel senso stesso delle grandi vallate, dio' scolo fin d'allora alle acque.

2.° I ghiacciai colmarono i laghi, e il detrito-glaciale potè spingersi a formare le morene. Il vero detrito alpino si sparse allora oltre i limiti meridionali delle morene, prima come alluvione fluvio glaciale, poi come vera alluvione, a spese del detrito glaciale, che andò formando successivamente la pianura. È il detrito fluvio-glaciale che riempì il descritto bacino dell'Adda ai limiti estremi dell'antico ghiacciajo che qui, per le condizioni orografiche, doveva avere il suo sbocco e formare un cono di dejezione glaciale.

3.° Il terreno glaciale adunque succede immediatamente al pliocenico senza verun intermezzo.

Fig. 143. Sezione fra Cavriate e Brembate-di-sotto.

1. Alluvione a grossi ciottoli. 2. Ceppo gentile. 3. Ceppo grossolano. 4. Marne probabilmente eoceniche.

1191. Le figure 143-146 sono destinate a mettere in tutta evidenza i fatti riportati. La fig. 143 presenta una sezione geologica, presa lungo l'Adda fra Cavriate e Brembate-di-sotto. Il tronco figuratovi è già fuori dei limiti del terreno glaciale. Sulle marne probabilmente eoceniche, for-

temente raddrizzate, noi vediamo riposare il ceppo a stratificazione sensibilmente orizzontale. Esso è coperto da un'alluvione di grossi ciottoli, in cui io scorgerei l'alluvione fluvio-glaciale, che si stendeva sull'altipiano a mezzodì del grande ghiacciajo dell'Adda, derivando in parte dalle morene, che il ghiacciajo deponeva sull'altipiano, e forse in parte dal Brembo e da' suoi confluenti. Scomparso il ghiacciajo, l'Adda incise tanto il terreno morenico, quanto l'alluvione fluvio-glaciale, e, abbassandosi entro la gola di Trezzo, non potè più nuocere all'alluvione che copre l'altipiano.

Fig. 144. Veduta dell'Adda fra Trezzo e Bottanuco.

La figura 144, che presenta una veduta dell'Adda fra Trezzo e Bottanuco, mette sott'occhio l'ampio bacino aperto nel ceppo, e la gran massa di alluvione fluvio-glaciale, deposta in seno ad esso bacino e che presenta ora un altipiano interno, molto più basso del grande altipiano,

Fig. 145. Sezione attraverso l'Adda fra Trezzo e Bottanuco.

1 Alluvione quaternaria. 2. Alluvione fluvio-glaciale.
3 Ceppo pliocenico. 4. Marne eoceniche.

formato dal ceppo. La fig. 145 in sussidio della precedente, presenta uno spaccato da Trezzo a Bottanuco, cioè una sezione teorica del suddetto bacino, da cui risultano evidenti i rapporti delle diverse formazioni, e

principalmente il fatto che il detrito glaciale si depose in seno ad una chiusa, cioè ad una spaccatura del *ceppo*, la quale non è che la porzione estrema meridionale della grande chiusa dell'Adda, che di lì ascende fino alle alture della Spluga o dello Stelvio.

La figura 146 presenta una sezione naturale del terreno sulla destra dell'Adda, tra le Conche di Paderno e il Monterobbio, la prima collina

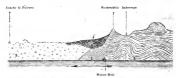



Fig. 146. Sezione tra le Conche di Paderno e Monterobbio.
1. Sfacelo glaciale. 2. Ceppo. 3. Marne, puddinghe e calcari nummulitici.

subalpina che si incontri a nord dell'altipiano pliocenico coperto di colline moreniche. Il ceppo orizzontale riposa sul nummulitico radrizzato e contorto. Una depressione tra i due terreni è riempita dal terreno glaciale, che si trova poi formare un sistema di morene sull'altipiano da Paderno a Merate alla base del Monterobbio.

1192. I rapporti fra il ceppo o il terreno glaciale, verificati in Lombardia, sono i medesimi che abbiamo già avuto occasione di verificare nel Friuli. Si richiami infatti (§ 1032) come il lago di Cavazzo occupi una chiusa scavata nel ceppo, posteriormente alla formazione dello stesso ceppo, e come lo stesso ceppo sia coperto dalle morene, e si mostri arrotondato in quel modo che tutte le formazioni preesistenti all'epoca glaciale.

1193. Non vi è dunque, lo ripeto, nessuna formazione intermedia fra il ceppo pliocenico e il terreno glaciale. Naturalmente anche qui vi fu una graduale successione di fenomeni: gradatamente formossi il conglomerato pliocenico; fu graduale il sollevamento, graduale lo sviluppo dei ghiacciai. Si osservi inoltre che l'alluvione fluvio-glaciale precede il ghiacciajo nel suo progressivo avanzamento. È quindi molto probabile che si trovino in qualche luogo degli strati alluvionali tra il pliocene e il terreno morenico. Non potremo però conchiudere da questo all'esistenza d'una *alluvione antica*, nel senso che rappresenti veramente un'epoca intermedia

distinta fra il periodo pliocenico e il periodo glaciale. Basterà che i supposti strati alluvionali segnino i primordî di quel periodo glaciale, di cui le morene indicano il progresso. Ma in quanto il pliocene e il glaciale segnano due periodi distinti, il secondo succede immediatamente al primo.

1194. Come risponderemo ora all'altra domanda? Quali siano gli equivalenti del terreno glaciale? Per stabilire l'equivalenza, ossia la contemporaneità di terreni di natura affatto diversa, nelle epoche più antiche, abbiamo ricorso costantemente alla paleontologia. Ma trattandosi del terreno glaciale, essa ci abbandona. Il terreno glaciale può dirsi la negazione dei fossili; anzi ci sarà necessario di stabilire dapprima quali siano gli equivalenti del terreno glaciale, se vogliam rispondere a quell'altra domanda: quale fauna caratterizzi l'epoca glaciale. Gli equivalenti del terreno glaciale vanno dunque cercati coll'applicazione di altri criterî, che, per buona ventura, non mancano.

1195. Se vi ha terreno che possa dirsi contemporaneo, e quindi equivalente del terreno glaciale; è quello la cui formazione fu precisamente determinata dai ghiacciai. Tale è adunque il terreno lacustre che depositossi sul fondo dei laghi, i quali, come abbiam detto (§ 1157) dovettero formarsi, e si formarono infatti, quando gli antichi ghiacciai, percorrendo le lunghe vallate recipienti, si gettarono attraverso i confluenti, arrestandone le acque come farebbe un argine eretto all'uopo. I geologi badarono veramente troppo meno che non meritasse ad un fenomeno così fondamentale, che ci dà, secondo il mio modo di vedere, la chiave dei segreti dell'epoca glaciale, permettendoci di studiarla coll'applicazione di quei criterî, in base ai quali furono studiate le epoche precedenti. Prego il lettore a seguirmi attentamente in un campo che si può dire inesplorato, e che fin dai primi passi promette di dissipare molti errori e stornare molti pregiudizî che impedirono di veder chiaro nella storia delle epoche, che precedettero immediatamente l'uomo.

1196. Abbiamo veduto come nelle Alpi non è raro il caso di vedere un lago, che occupa una valle laterale ad un ghiacciajo, sostenuto dal ghiacciajo stesso che gli serve di diga.[1] Abbiamo anche detto[2] come i signori Schlagintweit ebbero l'opportunità di assistere, per dir così, alla

[1] Al § 439 del *Volume primo* ho citato tra gli altri il lago Mœril, determinato dallo sbarramento di una valle laterale al ghiacciajo di Aletsch. Lo ritengo quello stesso che trovo indicato col nome di *lago di Mergeln* da E. Favre nella *Revue géologique suisse* del 1873. Di via ordinaria quel lago vanta una lunghezza di 1300 metri. La sponda occidentale è formata dal ghiacciajo che forma una sbarra di 400 metri. Il 2 agosto 1872 si formò nel ghiaccio una rottura profonda che determinò lo scolo quasi totale del lago. L'acqua tuttavia ricominciò ben tosto ad accumularsi di nuovo.

[2] *Ivi* § 440.

formaziono di uno di questi laghi glaciali, o di studiarne il fenomeno nelle diverse fasi, che vanno considerate per rendere conto dei diversi accidenti, che possono venir presentati dagli antichi torreni lacustro-glaciali. L'esempio da loro riferito è così interessante che io non dubito di qui ripeterne la descrizione.

1197. Nel 1844 il ghiacciajo di Veruagt (Oetzthal) svilupposi, gonfiandosi quasi repentinamente, e discese con moto straordinariamente accelerato, finchè incontrossi col ghiacciajo di Rofenthal, o con lui naturalmente si fuse. La velocità acquistata in seguito a tale congiungimento fu tale, che il ghiacciajo riunito si avanzò 1123 metri in 566 giorni. Così pervenne a gettarsi attraverso ad una valle, percorsa da un torrentello che traeva origine da altri due ghiacciai, e formossi per conseguenza un lago. Quì cominciò una lotta tra il lago, costretto a levarsi assai alto, e il ghiacciajo: talora il lago, prevalendo coll'incubo suo, sfondava il ghiacciajo; e talora era dall'accrescersi del ghiacciajo tenuto prigione. Avvenne anche che l'acqua vi trovasse un' uscita, scavando una caverna nella massa ghiacciata; ma non vasta abbastanza, perchè il lago non si mantenesse. Tre anni dopo, cioè nel 1847, il lago misurava una lunghezza di 1210 metri. La sua profondità era veramente meravigliosa giungendo a 85 metri, e crebbe ancora più tardi. La massa d'acqua, così tenuta sospesa dalla muraglia glaciale, si calcolò ascendesse a 230 milioni di piedi cubici. Rotta finalmente la diga, ne avvenne una spaventevole innondazione; un masso di 4000 piedi cubici fu travolto alla distanza di parecchie centinaja di passi.

1198. Il descritto fenomeno può darci spiegazione di una folla di svariatissimi accidenti che si incontrano talora nelle regioni occupate dagli antichi ghiacciai. Nel fatto riferito abbiamo: 1.° l'effettivo sbarramento di una valle, per opera di un ghiacciajo, e la conseguente formazione di un lago; 2.° l'azione immediata delle acque del detrito morenico laterale, qui non descritta, ma che deve necessariamente verificarsi; 3.° permanenza più o meno lunga di un lago sul fianco di un ghiacciajo; 4.° formazione di un lago tra due ghiacciai, prodotta dallo scolo di un ghiacciajo superiore, arrestato da un ghiacciajo inferiore; 5.° formazione alluvio-glaciale a voluminosi elementi, per rottura della diga glaciale. Vedremo come tutti i rapporti, sotto i quali consideriamo la formazione di quel lago glaciale, hanno la loro impotanza nell' interpretazione dell' antico terreno glaciale. Infatti il fenomeno complessivo e i diversi accidenti, le diverse fasi del fenomeno stesso, dovevano moltiplicarsi assai ed operarsi a grande scala in seguito all'antico sviluppo de ghiacciai alpini. Un ghiacciajo che discende, p. es., dalle vette del Gottardo, dello Stelvio, del Tonale, non può spinger la sua morena frontale fino ai lembi settentrionali della lom-

barda pianura, se prima non s'è gettato attraverso a migliaja di valli, ciascuna delle quali poteva, dirò anzi, doveva convertirsi in un lago. Il torrentello sbarrato dalla estremità del Vernagt, crescendo a dismisura, poteva impegnare una lotta contro il nemico e sfondare la barriera. Non così facilmente lo avranno potuto i torrenti, incarcerati da enormi ghiacciai incombenti colla mole enorme, e che spingevano ben oltre la loro fronte, assolutamente inamovibili, perchè profondamente incassati, premuti, quasi entro uno stampo, nella valle. I *laghi glaciali* dovevano essere perciò permanenti o durarla, se fa uopo, tutto quel periodo smisurato di tempo, in cui durò lo sviluppo degli antichi ghiacciai. In quei laghi dovevano naturalmente formarsi depositi d'indole lacustre: la torbida dei torrentelli, provenienti per avventura da ghiacciai superiori alla valle sbarrata, il disgelo del ghiacciajo che serviva di sbarra, la lavatura della morena laterale, flagellata dall'onde del lago, tutto infine doveva contribuire ad accrescere a dismisura la potenza dei sedimenti lacustri. Siccome poi i ghiacciai discendono in seno a regioni temperate, e tanto più basso si spingono quanto più grandi essi sono; così le regioni toccate dai nostri antichi ghiacciai dovevano essere temperate, anzi relativamente temperatissime. Nessuna meraviglia quindi, se una vegetazione rigogliosa rivestisse le sponde di quei laghi glaciali, e vi si abbeverassero gli animali terrestri, e pesci e conchiglie ne popolassero le onde. Avremmo, nel caso supposto, una serie di depositi, di formazioni sedimentari, fossilifere, contemporanee dei ghiacciai, o che ci avranno conservati tanti preziosi documenti di quella misteriosa età.

1199. Si ragionò finora in via d'ipotesi; ma in realtà non feci altro che esporre dei fatti da me ad uno ad uno e in più luoghi verificati. I depositi lacustro-glaciali sono per mio avviso una pagina della storia dell'epoca glaciale, tanto più luminosa quanto men letta finora. I fatti da me raccolti esigono un ampio lavoro illustrativo, a cui ho posto mano da lungo tempo. Qui non potrò che citare sommariamente alcuni fatti e cavarne alcune deduzioni, che basteranno almeno, io spero, a chiamare l'attenzione dei geologi sopra il nuovo campo aperto alle loro indagini, che promette, il ripeto, di essere fecondissimo e vastissimo.

1200. I pochi studi da me eseguiti in un campo ristrettissimo, quello di alcune valli subalpine di Lombardia, mi rivelarono già tanti depositi lacustro-glaciali, che la sola regione delle Alpi deve offrircene tanti, e così fossiliferi, da costituire un gran terreno glaciale, e da richiamare in vita una gran fauna glaciale. Anderemo poco lungi dal vero asserendo che tutte le valli laterali subalpine devono offrire un deposito, o lacustre in senso stretto, o almeno rimestato dalle acque, stratificato, e quindi capace di

contenero reliquie organiche. Il lago di Como p. es. me ne ha già offerto parecchi.

Il seno di Tremezzina deve le sue deliziose verzure alla morena laterale dell'antico ghiacciajo che lo colmò di fertile terriccio; ma la stessa morena sbarrava naturalmente il torrente che discende dal monte Galbiga, e mette foce nel lago presso Tremezzo. Il pietrame calcareo doveva quindi arrestarsi davanti a quell'ostacolo, formando un deposito lacustre d'indole torrenziale. Questo deposito esiste in fatti, e, roso più tardi dal torrente, lo si vede ora sul lato destro del torrente stesso in forma di un gran terrazzo, composto di pietrame calcareo, derivato dalla sovrastante montagna.

1201. Un altro seno laterale è quello alle Fornaci di Paré sulla riva occidentale del ramo di Lecco. Quel seno è poco profondo; lo è però abbastanza, perchè, sbarrato da principio dalla morena laterale, si convertisse in uno stagno, in una pozzanghera, la quale venne più tardi sepolta sotto il detrito glaciale, quando il ghiacciajo si allargò e levossi fino alle vette della montagna che fiancheggia il lago. Recentemente sotto al detrito morenico, misto allo sfasciume dolomitico, che si scava per la fabbricazione della calce, si scoprì un deposito argilloso, cogli avanzi di un cervo, ancora indeterminato, ma che io sospetto essere l'Alce. Abbiamo già descritta la morena al ponte di Lecco, come rimestata e stratificata alla base. Vuo'si che alcuni ossami vi siano stati scoperti; ma non mi fu dato di accertare il fatto. La morena sinistra, che si insinuava nel gran seno, ora occupato dal territorio di Lecco, doveva sbarrare naturalmente i tre torrenti che lo percorrono, il Gerenzone, il Caldone, il Bione, e crearvi tre seni, quindi tre depositi lacustri. Il primo, quello cioè che doveva formarsi per l'arresto del Gerenzone allo sbocco della Valsassina, è, quanto si può dire, stupendo. Al ponte di Malavedo sopra San Giovanni alla Castagna vedesi in fatti come il Gerenzone, dopo avere tagliato verticalmente l'enorme morena, venne a sprofondarsi entro un gran deposito di argille, regolarmente stratificate, alternanti con straterelli di sabbia, che dà alimento alle fornaci di mattoni sul posto. Quel deposito, d'indole assolutamente lacustre, contiene dei tronchi torbificati, ed ha uno spessore almeno di 50 metri. È ricoperto da morena, in parte cementata, in parte affatto incoerente, ricca di massi erratici alpini o di ciottoli striati. Del secondo deposito lacustre, che dovette formarsi per lo sbarramento del Caldone, non esiste nessuna traccia. Quel torrente, scendendo lungo il fianco settentrionale del Resegone, sbuca da una gola lunga, angustissima, a pareti verticali. Esso dovette pertanto spazzare in breve tempo il deposito lacustre affatto incoerente, fino a scoprire la roccia calcarea, che

venne pure da essa fortemente intaccata. Il Bione è a un dipresso nelle medesime condizioni; ma osisto ancora sopra la Madonna della Rovinata una porzione della morena, che sbarrava, e sbarra tuttora, una gola laterale, che mette ai Prati di Neguccio. La gola si convertiva in lago, e quel lago glaciale esiste ancora almeno in embrione. È il laghetto di Neguccio, stagno temporaneo, il quale ora non si forma che nelle annate piovose, non potendosi poi mantenere, per la facilità con cui l'acqua deve filtrare attraverso la massa morenica, che separa il laghetto dalla valle. Più in giù la morena sinistra dovette sbarrare la Galavesa, ove sbocca da un'orrida gola sotto Valderve: e noi troviamo come questo ridente paesello esista in seno a quelle ignude montagne, perchè vi esiste un potente deposito di argille stratificate, certamente lacustri, che prestarono agli agricoltori un facile terriccio. Più in giù ancora abbiamo il piano di Berbenno, che si stacca, a modo di piattaforma, dall'erto fianco della montagna. Quel piano è un antico lago, che riempiva un seno dell'Albenza sbarrato dalla morena. Alla stessa estremità del ghiacciajo troviamo il gran deposito lacustro-glaciale di Cisano, che abbiamo già veduto formarsi in seguito allo sbarramento del torrente Sonna (§ 1158).

1202. In tutti i descritti bacini dovrebbero facilmente trovarsi delle ligniti, delle foglie, degli ossami. Per sventura o non si scavano, o nessuno ha badato finora ai fossili, che vi furono per avventura scoperti. Ciò che ancora si desidera dai depositi lacustro-glaciali del lago di Como, si ottenne tuttavia esuberantemente da quelli del lago d'Iseo. Noi conosciamo già il sistema glaciale di quella regione, per ciò che riguarda lo sviluppo dei ghiacciai e delle morene. Ora ci ritorniamo per studiarvi i depositi lacustro-glaciali, che vi presentano un singolare sviluppo, come dimostra la carta del *Sistema glaciale del lago d'Iseo*, inserita in fine al volume, e che il lettore vorrà di nuovo tenersi sott'occhio durante la rassegna di quelle formazioni a cui passiamo sull'istante. Cominceremo con una descrizione generale di quel sistema glaciale sotto questo nuovo punto di vista, per discendere poscia alle specialità di ciascuno di quei depositi tanto interessanti, come quelli che ci danno i primi dati sicuri della paleontologia glaciale, applicabili alla ricerca degli equivalenti.

1203. L'antico ghiacciajo della Val-Camonica, giunto, come abbiamo veduto, ai limiti settentrionali del lago attuale, trovava aperta sulla destra la strettissima gola di Castro, per cui si gettava nella Val-Cavallina, formando un ghiacciajo laterale, che scendeva fin presso a Trescorro, occupando il letto del Chiese. In questa mossa lo stesso ghiacciajo veniva necessariamente a sbarrare il torrente Borlezza. La valle Borlezza convertivasi

quindi in lago, come mostra la *Carta*, e questo lago veniva in parte nutrito dalle acque che discendevano dal monte Presolana, a nord-est di Clusone, cioè dal torrente Borlezza, e in parte dallo scolo del ghiacciajo della Val Seriana che riempiva il bacino di Clusone. La valle Borlezza ha in fatti l'aspetto di un lago prosciugato, ed è riempita da un enorme deposito lacustre, misto a detrito glaciale, e ricoperto da esso, come meglio diremo, riportando i particolari di quel deposito interessantissimo. Oltrepassata la gola di Castro il ghiacciajo della Val-Camonica riempiva l'attuale bacino del lago d'Iseo, formava i descritti riempimenti morenici di Taveraola a destra, di Tassano a sinistra, e veniva a distendere l'arco frontale delle sue morene tra Iseo e il colle d'Adro col suo ramo a sinistra. Il ramo a destra si insinuava tra il colle d'Adro e le montagne di Sarnico. Spingendosi così fin presso Capriolo, veniva a sbarrare la valle Adrara e la valle del Foresto rimanendo entrambe converse in laghi. Ambedue le valli sono ancora in parte sbarrate dalla morena laterale destra, e riempite di antichi depositi lacustri, che ci forniranno pure interessanti particolari. Per ultimare la rassegna dei depositi lacustro-glaciali, appartenenti al sistema del lago d'Iseo, non ci rimane che il gran bacino di Leffe, il più interessante di quegli antichi laghi glaciali. Esso propriamente non deve la sua origine all'immediato sbarramento operato da un ghiacciajo; ma è ugualmente glaciale, perchè, come diremo meglio più tardi, veniva determinato dallo sbarramento operato dal detrito fluvio-glaciale, dipendente dal ghiacciajo della Val-Seriana.

Vedete quanto vasto campo di stadi ci si apra in una regione così circoscritta. Tutti quei depositi, come sono certamente glaciali, cioè equivalenti al vero terreno glaciale, sono anche più o meno forniti di fossili, e taluno ne è anzi ricchissimo.

1204. Descritto sommariamente il sistema lacustro-glaciale del lago d'Iseo, volendo passare alla descrizione particolare dei singoli depositi, comincerem da quello, che, per la certezza dell'origine sua e pei fossili che contiene, ci segna il miglior punto di partenza della questione di cui ci occupiamo.

Il deposito che riempiva il bacino della Val-Borlezza, noto specialmente sotto il nome di *deposito di Pianico*, è certamente lacustro-glaciale. I fossili che vi si contengono sono, con pari certezza, dell'epoca glaciale. Ho detto che il ghiacciajo della Val-Camonica, insinuandosi nella gola di Castro, sbarrava il torrente Borlezza, sicchè questo convertivasi in lago, il quale riceveva lo scolo del ghiacciajo della Val-Seriana che riempiva il bacino di Clusone. È precisamente il caso che presenta attualmente il sistema dei ghiacciai dell'Oetzthal nel piccolo sistema confluente della

Gurglerthal, come può vedere ciascuno, confrontando la figura 147 colla carta del *Sistema glaciale del lago d'Iseo.*

1205. Il grande ghiacciajo della valle dell' Oetz *(Grosser Oetzthaler-Gletscher)* alimenta il torrente della valle di Gurgl *(Gurglerthal)* piccolo

Fig. 147. Carta de' ghiacciai della Gurglerthal.[1]

confluente della Oetzthal. Nella sua discesa lungo la valle viene a sbarrare la laterale Val-Lunga *(Langthal).* Quella barriera è invincibile, perchè il ghiacciajo discende circa un chilometro o mezzo sotto il confluente. Essa ha quindi determinata la formazione di un lago *(Langthalersee)* della

---

[1] Dalla carta del gruppo de' ghiacciai delle valle dell' Oetz nell'opera degli Schlagintweit, *Untersuchungen der physicalische Geographie der Alpen.*

lunghezza di un chilometro e mezzo circa, largo in media più di un mezzo chilometro, che riceve lo scolo di un altro ghiacciajo, cioè del ghiacciajo della stessa Val-Lunga *(Langthaler-Gletscher)*.

1206. Il lago della Val-Lunga è dunque la copia fedele dell'antico lago glaciale della Val-Borlezza, dove doveva formarsi un deposito lacustre, capace di grande sviluppo, principalmente per effetto della torbida uscente dal ghiacciajo confluente. Quella valle infatti, prescindendo dai coni di dejezione laterali e dal terreno moreníco sovrapposto al ghiacciajo, presenta, come dissi, l'aspetto di un lago prosciugato. Il torrente Borlezza, il quale, per portarsi al livello del lago d'Iseo, dovette spazzare la gola di Castro e incassarsi nel deposito lacustro fino alla profondità di circa 80 metri, mise a nudo una pila enorme di strati orizzontali, marnosi, sabbiosi, argillosi, misti a vero detrito glaciale, che oltrepassa certamente d'assai i 100 metri di spessore. Alla estremità settentrionale del bacino, cioè a Cerete basso, l'erosione del fiume mise a nudo uno strato di lignite torbosa nera, simile a quella che troveremo appena accennata ad Adrara, e sviluppatissima a Leffe.

A quei depositi di forma così volgare si associa un calcare terroso, bianchissimo, puro, in tutto e per tutto somigliante alla creta. Questo calcare riusciva problematico, finchè si credeva che componesse da solo il gran deposito di Pianico. Ma non è punto così. La così detta *marna di Pianico* non si trova che a un certo livello ed entro certi limiti. Forma insomma una parzialità del deposito. Analizzata al microscopio si trova ricca di organismi; è infine un vero *tripoli* calcareo, che si deponeva in un seno tranquillo dell'antico lago glaciale, precisamente come i tripoli silicei si deponevano nei tranquilli seni lacustri della Boemia nell'epoca terziaria (§ 959). Come il terreno vulcanico, composto di silicati, forniva agli animaletti terziarî di Boemia lo scheletro siliceo; così bisogna dire che le acque, pregne di carbonato di calce, in un bacino tutto calcareo, abbiano fornito ai microscopici lavoratori di Pianico lo scheletro calcareo. Quel calcare organico è anche eminentemente fossilifero, contenendo, oltre a una ricchissima flora terrestre, un buon numero di pesci di acqua dolce. Ma la più importante reliquia scopertavi è lo scheletro di un rinoceronte, fossile importantissimo, perchè certamente glaciale.

1207. Non credo possa sussistere alcun dubbio circa il modo e l'epoca del riempimento del bacino di Pianico: quell' antico lago fu determinato dallo sbarramento operato dall' antico ghiacciajo della Val-Camonica, fin dal primo momento in cui esso ghiacciajo venne a turare la gola di Castro, ove il Borlezza viene a metter foce nel lago d'Iseo. Il lago crebbe mano mano che il ghiacciajo, gonfiandosi, invase la gola, superò di centinaja

di metri l'attualo livello dei depositi lacustri, e buttossi nella Val-Cavallina, intercettando ogni communicazione tra il Borlezza e le valli inferiori. Il terreno morenico (spazzato quasi totalmente dal Borlezza all'estremità meridionale dell'antico lago, quando il torrente trovò di nuovo la gola di Castro, e per essa il lago d'Isco), rinviensi però ancora in parte appiccicato al fianco della montagna, sotto forma di conglomerato morenico, cementato dal carbonato di calce, sciolto nelle acque piovonti dalla montagna onninamente calcarea. Infine la formazione lacustre di Pianico è tanto d'epoca glaciale, quanto deve esserlo qualsiasi formazione determinata dagli antichi ghiacciai. Ecco del resto ciò che mi avvenne di verificare, studiando ripetutamente quella località, una volta anche in quest'anno 1872, in compagnia de' miei egregi colleghi Emilio Spreafico e Forsyth Major, cui mi premeva di poter citare come testimonî di fatti così interessanti. Il deposito lacustre di Pianico è ricoperto di terreno glaciale, cioè di pretto detrito morenico, sparso di grossi massi erratici. Alla profondità di pochi metri sotto il terreno morenico trovasi il calcare terroso bianco, purissimo, a strati regolari e finissimi, con foglie, di cui è ancora conservato il parenchima, pesci, e rinoceronti. Questo calcare, che occupa una piccola estensione sotto Pianico, lascia luogo ben tosto a strati argillosi, fangosi, sabbiosi, sparsi talvolta di ciottoli e di massi erratici. Discendendo precisamente al pelo attualo del torrente sotto Pianico, cioè alla profondità di 60 o 70 metri entro il deposito lacustre, veggonsi gli strati farsi più sabbiosi, e vi appajono più numerosi, o isolati o sparsi i ciottoli. Al pelo del torrente, quindi alla base visibile della formazione lacustre, i ciottoli si fanno così numerosi, che si direbbe esistervi un gran brano di morena interstratificato. E lo è difatti. I ciottoli sono stupendamente striati; sono glaciali d'origine e di forma. Il rinoceronte di Pianico, sepolto sotto le morene, o giacente 60 o 70 metri sopra il detrito morenico, è dunque compreso nel terreno glaciale; è letteralmente d'epoca glaciale.

1208. Tutte le accennate circostanze ci danno, per sommi capi, ma certissima la storia di quel bacino. Lo sbarramento del torrente Borlezza, che allora scorreva, come adesso, in fondo alla gola profonda, fatta per rappresentare, benchè in miniatura, un *cannone* d'America, convertì, come dissimo, in lago la valle Borlezza. Il torrente usciva torbido (come qualsiasi torrente che sbuchi da un ghiacciajo) dal ghiacciajo di Val-Seriana. Quel finissimo limo deponevasi, lento ma continuo, sul fondo del lago, e tendeva a colmarlo. Il ghiacciajo della Val-Camonica lo fiancheggiava a mezzodì, sovrincombendo colla sua morena laterale. Chi ha visto un ghiacciajo, troverà naturalissimo, anzi necessario, l'ammettere che massi e ciottoli, e

copiosi brani della morena, sdrucciolando, franando, dal pendio laterale del ghiacciajo, si mescolassero, si sprofondassero nel fango lacustre, che conservava intatte quelle finissime strie, colle quali i ghiacciai scrissero, sopra ogni ciottolo ributtato, sopra ogni rupe scavalcata, la storia della loro invasione. Una splendida flora creava quel singolare contrasto di vita e di morte, che rende sì bella l'Engadina, sparsa di fiori, coronata di ghiacciai, ingemmata da quelle serie di laghi azzurri, nutriti da glaciali torrenti. I rinoceronti stampavano le loro orme pesanti sullo anguste spiagge. Ma non siamo ancora all' epoca in cui i ghiacciai abbiano attinto il loro massimo sviluppo. — Il ghiacciajo di Val-Camonica continua a gonfiarsi; si dilata nella Val-Borlezza; il lago, ormai colmo dal proprio sedime, sempre più si restringe; la morena si riversa sui depositi lacustri, finchè il ghiacciajo, ritirandosi, lascia quella congerie di massi e di detrito d'ogni forma, che in oggi copre, a guisa di tettoja, quei depositi, i quali conservano i documenti di un'epoca immensa, che corse dal primo istante in cui i ghiacciai furono slanciati dai loro alpini recessi, fino a quell'epoca in cui di nuovo si raccolsero entro i loro modesti confini.

1209. Urgo ora di sapere di qual flora e di qual fauna si tratti. Sono specie nuove? Ci diranno sempre assai delle condizioni dell'epoca. Sono specie già raccolte dai paleontologi in altri terreni d'origine diversa? Avremo trovato tanti equivalenti del terreno glaciale, quanti sono i terreni che lo contengono. Per sventura i fossili di Pianico sono quasi tutti da studiarsi. Nessuna specie, nè di infusori, nè di pesci, venne determinata.

Quanto alla flora se ne occupa attualmente il signor Sordelli; ma in genere è composta di specie viventi, come si vede da questa prima lista che egli ebbe la gentilezza di communicarmi.

Magnolia sp.
Acer pseudoplatanus L. var. *paucidentata* Sand.
Buxus sempervirens L.
Ulmus campestris L.
Taxus baccata L.
Phacidium buxi Westdp. (parassito sulle foglie del *Buxus sempervirens*).

1210. Per buona sorte il fossile più importante è con certezza determinato e appartiene a specie già nota. Il rinoceronte di Pianico si credette dapprima il classico *leptorhinus*; ma il sig. Forsyth Mayor, in seguito ad accuratissimi studî venne a conchiudere che è il *Rhinoceros Merki* Jaeg., che può ritenersi, secondo ogni probabilità, sinonimo del *R. hemitoechus* Falc.

e del *R. etruscus* Falc.[1] Se ciò è vero i depositi contenenti i *Rhinoceros Mercki*, *hemitœchus*, *etruscus*, sono glaciali. Si badi bene all'asserto, perchè ne dedurremo importanti conclusioni.

1211. Veniamo ai depositi lacustro-glaciali, formatisi alla estremità meridionale del ghiacciajo del lago d'Iseo. Esso ghiacciajo, oltrepassata la gola di Castro, ove partissi per sbarrare il bacino di Pianico e formare il ghiacciajo di Val-Cavallina, si stese nell' ampiezza del lago d' Iseo, pigiato sempre tra verticali pareti, aperte talora per dare sbocco ad alcuni bacini, o valli laterali; valli o bacini, che il ghiacciajo ha riempito di morene, edificandovi e lasciandovi quanto di più stupendo può presentare un *apparato glaciale* in una valle priva ora di ghiaccio. Così giunse, ormai stremo, alla estremità meridionale del lago, ove sboccano, con altre valli minori, la Val-del-Foresto e la lunga Val-Adrara. Se non potè colmarle di detrito morenico, potè tuttavia sbarrarle. La Val-del-Foresto e la Val-Adrara divennero laghi glaciali. Per me non dubito punto che tra quelle valli sbarrate ed il ghiacciajo del lago d'Iseo si impegnasse quella lotta che vedemmo ai giorni nostri impegnata tra il ghiacciajo del Vernagt e la valle da esso sbarrata (§ 1197). Quel diluvio di massi, sparsi a Palazzolo e assai più a sud, mentre le morene del lago d' Iseo si arrestano assai più a nord e precisamente a Paratico, è un trofeo delle vittorie riportate dalle valli contro il ghiacciajo, che ne sbarrava lo sbocco. Ciò che v'ha ad ogni modo di certo, è l'esistenza dei laghi glaciali, di cui restano gli enormi sedimenti. Una bella morena, che si direbbe deposta jeri, sbarra la Val-del Foresto, salvo la parte ove il torrente s' è già aperto lo scolo.

---

[1] Ecco la nota che il signor Forsyth Major ebbe la bontà di communicarmi in proposito: « Il *Rhinoceros Merchi* fu già indicato da Jaeger come un rinoceronte post-pliocenico evidentemente diverso dal *R. tichorinus*. Falconer, il quale non ebbe occasione di studiare i pezzi originali del suddetto rinoceronte, si astenne dal pronunciare un giudizio; ma sembra fosse di parere che quella specie dovesse identificarsi col *R. leptorhinus* Cuv. Lo stesso Falconer stabilì invece per proprio conto due specie novelle, il *R. hemitoechus*, e il *R. etruscus*, cui paleontologi distinti, come Lartet e Boyd Dawkins hanno accettato. Lartet tuttavia è d'avviso che il *R. Merchi* di Jaeger sia sinonimo del *R. hemitoechus*, mentre quello indicato come *R. Mercki* da H. von Meyer (cranio di Carlsruhe) sarebbe il *R. etruscus* di Falconer. Alla sua volta Boyd Dawkins pensa che il *R. Mercki* non sia che il *R. etruscus*, e questo, secondo P. Gervais, non sarebbe che il *R. hemitoechus*. Conchiudendo, bisogna dire che il *R. Merchi*, il *R. hemitoechus*, e il *R. etruscus* sono la stessa specie. Questo è anche il mio parere, benchè non possa suffragarlo con prove rigorose. Ciò ritenuto, bisogna ripristinare l'antica denominazione di *R. Merchi*, abolendo le altre due. Bisogna però confessare che i caratteri delle specie nominate non sono ben stabiliti dagli autori, i quali trovansi spesso in contraddizione fra loro. Un fatto per me stabilito invece è questo che il *R. leptorhinus* (cranio di Cortesi al Museo di Milano) è una specie a sè, distinta dalle citate, diverse o sinonime che siano: non è però meno certo che denti isolati, appartenenti a quelle altre specie, furono presi per *R. leptorhinus* o viceversa, e ciò ha contribuito a complicare la questione. La specie caratterizzata e meno soggetta ad essere confusa colle altre è il *R. tichorhinus* »

Al piede della morena, verso la valle, eccovi immediatamente poderosi banchi di argillo stratificate, zeppi di *Unio* (genere di conchiglie lacustri). Il giuoco si ripete nella Val-Adrara. Una gigantesca morena allo sbocco sembra, anche oggi, sostenere un magnifico terrazzo argilloso; le conchiglie lacustri attestano le origini di quello argille, e nelle argille stesse si scopersero i preziosi avanzi di un bue.

1212. Merita una più minuta descrizione questa formazione lacustre di Adrara, come si presenta al luogo detto le Fornaci, quasi allo sbocco della valle. Il deposito, roso profondamente da un torrentello, consta inferiormente di una gran massa di argille a strati fini e regolarissimi. Alla base delle argille si scopre un piccolo letto di lignite torbosa, precisamente uguale a quella che abbiamo trovato a Cerete nel bacino della Val-Borlezza. Le argille sono coperte da un conglomerato, o piuttosto da banchi di ghiaje calcaree, d'origine affatto locale, le quali indicano il lido, ossia il deposito torrenziale che dovette avanzarsi e sovrapporsi agli strati lacustri, mano mano che il lago si riempiva e si restringeva. Il bue scoperto nelle argille di Adrara venne riferito al *Bos primigenius*.[1] Il signor Major ritiene quegli avanzi (vertebre e arti) insufficienti per ora ad assicurare la determinazione della specie: esclude però assolutamente la possibilità che appartengano al *Bos* (*Bison*) *priscus* o al *Bos etruscus*. Escluse le suddette due specie non si saprebbe quale altra possa trovarsi sotto l'orizzonte del *Rhinoceros Mercki*, se non appunto il *Bos primigenius* così commune in Europa nei depositi recenti. La lunghezza di quegli arti risponde del resto assai bene alla descrizione che ne danno gli antichi. Devo infatti sapere il lettore che il *Bos primigenius* non è altro che l'*Urus* dei latini, che fu trovato da Cesare nelle foreste della Gallia, e comparve col Bisonte a dare spettacolo di sè negli anfiteatri romani.[2]

1213. Altro bacino lacustre glaciale è il celebre bacino lignitico di Leffe, il più interessante di tutti, e lo diverrà sempre più, mano mano che se nè studieranno la flora e la fauna.

Il bacino di Leffe merita veramente il nome di bacino, dacchè non è altro che una vasta *culmina* (valle formata per erosione) scavata negli

---

[1] *Note ad un corso di geologia*, II, § 547.

[2] Il fatto è attestato dai seguenti versi di Seneca:

Tibi dant variæ pectora tigres,
Tibi villosi terga bisontes
Latisque feri cornibus uri.

e dal testo di Plinio.... *jubatos bisontes... excellentique vi et velocitate uri*. Alcuno pretese che l'Uro vivesse ancora nella Svizzera nel secolo XVI. Al presente non se ne trovano che le reliquie fossili.

scisti dell' *infralias*, cinta all'ingiro da calcareo infraliasiche e da dolomie triasiche. In origine doveva aprirsi con larga foce, come molte altre culmine infraliasiche, nella Val Seriana; ma una sbarra le si attraversò. Era un ghiacciajo? Non precisamente un ghiacciajo, ma ciò che da un ghiacciajo immediatamente dipende. Infatti il ghiacciajo della Val-Seriana, rovesciandosi sulle falde del Pizzo Formico, montagna colossale che divide la Val-Seriana dalla Val-Borlezza, era costretto a dividersi, come qualunque ghiacciajo che incontri un ostacolo per via.[1] Gettavasi perciò nella Val-Seriana a destra, e nella Val-Borlezza a sinistra: questa ingombrava colla porzione est della morena frontale, alimentando col suo scolo il bacino di Pianico; quella ingombrava parimente colla porzione ovest, alimentando il Serio, e fabbricando la stupenda morena detta la Selva, enorme rilievo detritico sparso d'una copia innumerevole di massi enormi, che si leva attualmente tra Clusone e il Serio. Il fiume trovò modo a suo tempo di incidervi il suo letto attuale, dove la morena si appoggiava alle montagne, sorgenti sulla destra della Val-Seriana.

1214. Quando il ghiacciajo era a tal punto, il detrito fluvio-glaciale, sempre così poderoso nella regione che approssima un ghiacciajo, si stendeva da Ponte-di-Nossa fin ben oltre il confluente di Leffe, e doveva levarsi ben alto entro l'angusta gola che corre appunto tra il bacino di Leffe e la morena della Selva. Il bacino di Leffe doveva perciò rimanere sbarrato e convertirsi in lago. Può dunque, mi direte voi, una dejezione fluviale sbarrare una valle, e determinare un lago? Per tutta risposta vi richiamerò il lago di Mezzola, determinato dalle alluvioni dell'Adda (Piano di Colico) che si gettarono come barriera attraverso il braccio settentrionale del lago di Como.[2] Se volete poi trovare, nell'epoca odierna, qualche cosa di perfettamente simmetrico al bacino di Leffe, non avete che a porvi innanzi il lago d'Orta, determinato dalla alluvione della Toce, attraversatasi alla valle della Strona, o meglio a quel seno, a fondo cieco, occupato ora dal lago d'Orta. Il Rino, il Re, la Concossola, ecc., erano, per rapporto all'antico lago di Leffe, quello che la Strona e gli altri torrenti sono ora per rapporto al lago d'Orta. Che poi il detrito fluvioglaciale del Serio si levasse alto quanto gli attuali depositi che ricolmano il bacino di Leffe, non è che un fatto, di cui restano testimonî i terrazzi e i lembi alluvionali che si trovano appiccicati alle rupi, anche dove la gola tra Ponte-di-Nossa e il bacino è più angusta e spazzata dalle posteriori erosioni.

[1] Vedi sempre la carta del *Sistema glaciale del lago d'Iseo*.
[2] Volume primo, § 254, fig. 20.

1215. L'origine del riempimento del bacino di Leffe si rende più che evidente appena si voglia più intimamente studiarne la struttura. Veduto dall'alto, dove scompajono le irregolarità prodotte dalle erosioni, il bacino di Leffe si presenta sotto forma di un piano concavo, limitato all'ingiro da dirupate montagne. Quel piano, rilevato dovunque all'ingiro, lo è più distintamente verso l'apertura per cui comunica colla valle del Serio. Il rilievo verso quella parte dipinge all'occhio la forma dell'antico cono di dejezione del Serio che lo sbarrava, convertendolo in lago. Se si esamina il conglomerato, disteso alla superficie di quel piano, lo si trova, come dissi, composto di detrito locale, ad elementi piuttosto minuti. Avanzandoci però verso lo sbocco, al detrito locale veggonsi mescolati dei ciottoli, derivanti dall'alta Val-Seriana. Giunti al gran terrazzo, ove si discende d'un salto nella suddetta valle, al detrito locale si è sostituito quello di Val-Seriana, composto di elementi assai grossi, e che accusa indubbiamente il cono di dejezione, che serviva di sponda al lago di Leffe, e mescolava i suoi ciottoli con quelli del lago, che venne più tardi eroso, e rimaso in forma di un grande terrazzo, come avvenne di tutte le antiche alluvioni.

Fig. 148. Confluente della valle di Gandino al Serio.

1216. La figura 148 mette sott'occhio al lettore il confluente della valle di Gandino, ossia del bacino di Leffe, col Serio. Il torrente di Val-Gandino vedesi sboccare alla destra dell'osservatore, al piede di un rilievo quasi verticale, che ha la forma di un terrazzo, il quale va rilevandosi verso l'estremità, dove forma un gradino a picco che fiancheggia il Serio. Quel terrazzo, composto di un conglomerato alluvionale a grossi elementi, presenta il lembo occidentale del riempimento del bacino di

Leffe, eroso dai due fiumi confluenti fino alla profondità di forse 100 metri, precisamente sulla linea dove il cono di dejezione del Serio sorgeva come barriera dell'antico lago. Partendo dal punto espresso nella figura e rimontando il torrente di Gandino (cioè internandoci verso il centro dell'antico lago, tra la montagna calcarea e porfirica a destra e il terrazzo alluvionale a sinistra) vedesi bentosto il conglomerato assottigliarsi, ridursi alla superficie, comporsi di elementi locali, e sotto al conglomerato appajono le marne e le ligniti. Qui noi ci troviamo nel mezzo dell'antico lago.

1217. La stratigrafia del bacino di Leffe è conosciuta con maggior precisione di quella degli altri bacini contemporanei, grazie ai pozzi che vi si scavarono per l'estrazione della lignite. In genere ci abbiamo gli stessi elementi litologici presentati dai bacini di Pianico e di Adrara, cioè letti argillosi o marnosi, alternanti con ligniti, e coperti da un conglomerato d'origine locale. Anche qui infatti uno strato considerevole di conglomerato, composto di ciottoli derivanti dalle montagne circostanti, forma il soprassuolo del bacino. Si vede evidentemente come quel bacino colmossi a poco a poco; come le ghiaje torrenziali, le quali dapprima incorniciavano il lago, in mezzo al quale deponevansi le argille, lo invasero a poco a poco, coprirono le argille e le ligniti, colmarono il lago, finchè il lago stesso non divenne che un piano alluvionale, che si continuava colle alluvioni del Serio. I torrenti erosero più tardi la formazione lacustre, come avvenne dovunque, rilevandone la tessitura fino a una certa profondità. Ove non giunse l'erosione, pervennero i pozzi, non tanto però che noi possiamo rallegrarci di conoscere più della parte superficiale della formazione. I pozzi furono aperti entro le depressioni, prodotte dall'erosione, quindi alla base del conglomerato ed anche più basso, in seno ai depositi marnosi, d'indole prettamente lacustre.

All'Esposizione di Firenze, 1861, la ditta Biraghi e Comp. presentò la successione degli strati componenti la formazione lignitica di Leffe, inferiormente al conglomerato, ottenuta con un pozzo di circa 58 metri.

1m	Terra vegetale.
2m	Ghiaja.
3m 50	Argilla plastica.
10m	Argilla refrattaria conchifera.
1m	Lignite impura.
20m	Argilla conchifera come sopra.
2m	Argilla bianca.
9m 50	Lignite del banco-maestro.
3m	Argilla nera conchifera.

Qnesta sezione ricordata ci mostra come il riempimento del bacino di Leffe, sotto il conglomerato e le ghiaje, consta di una alternanza di argille conchifere e di ligniti. Lo argille non meritano in genere qnesto nome che in senso molto lsrgo. Spesso divengono sabbiose, terrose, e meglio si direbbero fanghi lacustri. La qnantità di conchiglio d'aequa dolce che esse contengouo è tale, alcuna volta, che meriterebbero pinttosto il nome di marne calcareo.

1218. La formazione attuale a cui si possono meglio paragonare qnei fanghi è quella delle marne bianche, cineree, nere, ricche di conchiglie che formano il sottostrato delle nostre torbiere. Quanto allo ligniti sarebbero meglio definito qnando si chiamassero torbe legnose: sono di color nero, schistose, talvolta distintamente legnose, con molti avanzi di rami e di frutti, specialmente noci. La porzione superficiale del così detto bancomaestro trovasi talvolta constare d'nn intreccio di tronchi affatto legnosi, che sembrano rappresentare nna foresta atterrata. Io per me sono d'avviso infatti che quel legname non è punto legname fluitato e deposto in seno al lago. Como poteva esserlo, se tutte le montagne all'ingiro sono roccioso o d'una nudità desolante? Io penso cho il piano lacustre siasi trovato talvolta, o in tutto, o sopra nna data porzione, converso in piano paludoso, ove le foreste di nooi (parlo della essenza priucipale) poterono addensarsi, forse per secoli, finchè vennero sommerse dalle acque, che dovettero alzarsi mano mano cho si alzava il cono di dejezione, il qnale sbarrava il bacino. Saremmo precisamente nol caso dei laghi attuali della Luigiana che fiancheggiano il fiume Rosso. Qnei laghi, secondo Darby, si sarebbero formati precisamente come formossi l'antico lago di Leffe, secondo il nostro avviso, cioè pel rialzamento del letto alluvionale del fiumo Rosso, che, sbarrando i confluenti, li costrinse a traboccare, convertendo in laghi grandi porzioni del paese circostante. Il più grande di quei laghi così formati, è il Bistineau, il quale, con una lunghezza di 30 miglia inglesi, non ha che una profondità di 15 a 20 piedi. Lyell riporta che, dove il lago è più profondo, voggonsi sorgere dal fondo innumerevoli cipressi d'ogni dimensione, morti, ma ancor ritti. Ecco una foresta sommersa al modo stesso delle foreste di Leffe e destinata ugualmente a convertirsi in torba.[1]

Comunqne la cosa sia avvennta credo non si possa mettere in dubbio che il bacino di Leffe sia d'origine glaciale, nel senso che la sna formazione venne determinata dal cono di dejezione fluvio-glaoiale, formato dal torrente che usciva dall'antico ghiacciajo della Val-Soriana, le cni morene

[1] Bischof, *Lehrb.*, I, pag. 307.

troviamo qualche chilometro in su appunto ove cessa l'antica alluvione, o piuttosto ove essa si fonde col terreno erratico.

1219. Interroghiamo ora la paleontologia di quell'interessante bacino. Una prima lista di piante, favoritami ugualmente dal signor Sordelli, mostra che anche qui, come ad Adrara, trattasi di una flora, in genere, vivente.

Trapa natans L.
Juglans bergomensis Bals. (*J. tephrodes* Ung. *J. Goepperti* Ludwig.)
Castanea vulgaris Lk. (*C. Tattii* e *C. Maironii* Massal.)
Corylus avellana L. var. a frutto ovato.
Abies excelsa DC. (*Pinus abies* L.)
Folliculites neuwirthianus Massal.

Quanto alle conchiglie i nostri primi geologi vollero ravvisarvi le specie ancora viventi in Lombardia. L'abate Stahile invece le sostiene assolutamente estranee all'attuale malacologia lombarda, e forse estinte.

1220. I migliori studî furono eseguiti sui vertebrati, di cui quel bacino è ricchissimo. Le tartarughe che vi si scoprono si riferiscono indubbiamente, secondo il signor Sordelli, alla specie commune dei nostri stagni (*Emys europaea* Schn.). Quanto ai mammiferi, le specie determinate finora non sono molte, ma sono tali che il bacino di Leffe va per mio avviso considerato come il migliore orizzonte della paleontologia glaciale. Eccone la lista offertami dal signor Major in seguito agli studî più accurati.

Elephas meridionalis Nesti.
Rhinoceros leptorhinus Cuv.
Bos etruscus Falc.
Cervus due specie.
Castor europaeus?
Arvicola sp. (non *agrestis*).

L'*Elephas meridionalis* ed il *Rhinoceros leptorhinus* sono specie così diffuse in Europa, che bastano da sole a guidarci nella ricerca degli equivalenti. Il Museo di Milano possiede le due zanne, la mascella inferiore, il piede, denti e porzione delle coste e degli arti di un colossale elefante della specie suddetta, oltre a parecchi avanzi d'altri individui. Un cranio conservatissimo di un piccolo individuo della stessa specie appartiene al gabinetto dell'Istituto Tecnico di Bergamo. Del *Rhinoceros leptorhinus* si posseggono diverse mascelle a Milano ed a Bergamo. L'elefante di Bergamo fu scoperto nel banco-maestro; quello di Milano giaceva alla superficie dello stesso banco, il quale, come l'unico scavato, è quello che diede la quasi totalità dei fossili che si trovano nelle collezioni, compresi i rinoceronti. Però alcuni avanzi di elefante, nominatamente la punta di una zanna

ed un grosso molare, furono scoperti alla superficie del bacino, precisamente nel terriccio, indizio certo che l'elefante di Leffe continuò a vivere fino al totale riempimento del bacino.

Del *Bos etruscus* si possedono diverse mascelle conservatissime, che non lasciano alcun dubbio circa l'esattezza della determinazione. Anche questa è specie molto diffusa, quindi opportunissima a stabilire un orizzonte geologico. Quanto al Castoro, il signor Major si lasciò forse troppo dominare da quello scrupolo, che rende così degne di fede le sue determinazioni. È noto come i paleontologi non seppero trovare alcun carattere abbastanza marcato per distinguere il *Castor fiber* del Canadà, dal Castoro d'Europa (*C. Europaeus*), specie quasi estinta, i cui ultimi rampolli sono acquartierati sulle rive del Danubio in Baviera ed in Austria, sul Gardone e sul Rodano in Francia, e sui piccoli fiumi della Vestfalia. Al modo stesso non si saprebbe distinguere il Castoro fossile di Leffe dal Castoro vivente di Europa.

1221. Abbiamo descritto, non un deposito, ma un'intera regione glaciale. I fatti addotti credo non lasceranno alcun dubbio nel lettore che i depositi lacustri descritti, determinati dallo sbarramento operato dagli antichi ghiacciai o dagli antichi coni di dejezione glaciale, non sieno essi pure glaciali e glaciali i fossili che vi si contengono. Eccoci dunque assicurato il possesso di una piccola fauna glaciale, che ci promette quello di una paleontologia glaciale. Considerando come specie ancora dubbiose e il *Castor Europaeus*, o il *Bos primigenius*, le quali non possono nemmeno avere un deciso valore paleontologico, perchè vivente l'una, ed estinta l'altra da poco; ci restano quattro buone specie, i cui avanzi non si trovarono mai associati nemmeno alle più antiche reliquie dell'uomo, o sono certamente, essenzialmente, glaciali.

Queste specie sono :

Rhinoceros Mercki Jaeg. (*R. hemitoecus* Falc. e *R. etruscus* Falc.).
Rhinoceros leptorhinus Cuv.
Elephas meridionalis Nesti.
Bos etruscus Falc. [1]

1222. Passando altrove alla ricerca degli equivalenti glaciali, dovremo certamente urtare contro pregiudizî inveterati; dovremo comprendervi terreni ben diversamente classati dagli autori. Basti il dire che i nostri due prototipi glaciali, L'*E. meridionalis* e il *R. leptorhinus*, sono uni-

[1] Il *Bos etruscus* Falc. è sinonimo del *B. bombifrons* Nesti della Val d'Arno, secondo Falconer, del *B. stenometopon* A. Sism. dell'Astigiano, secondo Falconer e Rütimeyer, del *B. elatus* Gerv. dell'Alvernia, secondo Major.

versalmente ritenuti quali prototipi pliocenici. Inviteremo tuttavia i geologi a riflettere bene agli argomenti, sui quali abbiamo stabilito l'equivalenza glaciale del gruppo di terreni lacustri nei dintorni del lago d'Iseo. Non si dimentichi che la paleontologia è succursale alla geologia: che le specie non servono a determinare l'epoca di un terreno se non quando una parte del terreno che lo contiene fu trovata, con indubbi argomenti di altro ordine, appartenere a quella data epoca, trovarsi a quel tale livello. I depositi lacustri, che noi abbiam detto glaciali, sono glaciali, perchè figliati indirettamente da ghiacciai, che generarono direttamente il terreno glaciale. Siano quel che si vogliano la flora e la fauna, o le deduzioni, che i paleontologi potessero derivarne; quei depositi, quei fossili, rimarranno sempre glaciali, o saranno quindi glaciali i depositi tutti, qualunque ne sia l'origine, che contengono quei fossili, precisamente per la stessa ragione che diciamo carboniferi i terreni di qualunque origine, che contengono fossili carboniferi.

1223. È indubitato che sugli opposti versanti delle Alpi, nella Germania e nella Svizzera dovranno trovarsi depositi lacustri determinati dagli sbarramenti operati dai ghiacciai. Ad uno di questi ritengo appartenere la lignite, ossia i così detti *carboni fogliettati* sui versanti settentrionali delle Alpi, nella Svizzera e nella Savoja. Il così detto *charbon feuilleté* si scava anzitutto a Dürnten, sui confini meridionali del cantone di Zurigo, e a Oberberg ove la lignite, alternante però con straterelli di argilla, raggiunge fin 12 piedi di spessore, e a Unterwetzikon. Il più importante deposito però è quello di Utznach, nel cantone di S. Gallo. Alle citate località, appartenenti al bacino del lago di Zurigo, va aggiunta quella di Mörschweil nel bacino del lago di Costanza. Le condizioni di quei depositi lignitiferi, egregiamente descritti da Heer nella sua opera *Le monde primitif de la Suisse*, non ci lasciano alcun dubbio sulla perfetta equivalenza di essi alle nostre ligniti di Leffe, e in genere ai depositi che riempono i nostri bacini di Gandino, di Pianico, di Val-Adrara. Trattasi anzitutto anche qui di antiche formazioni torbose, come le giudica Heer. Le piante, che si rizzano ancora verticalmente a Mörschweil, dimostrano ciò che abbiamo asserito, parlando del bacino di Gandino (§ 1218) che cioè il legname, convertito in lignite torbosa, non venne fluitato, ma crebbe in sito. Il nome di *charbon feuilleté* dice abbastanza che la lignite di questo nome è identica per natura a quelle di Leffe. Anche le ligniti svizzere furono deposte in un bacino lacustro. Quello di Dürnten, di Oberberg, di Unterwetzikon e di Utznach appartengono ad un solo bacino. Esse rappresentano, secondo Heer, le spiaggie paludose, o torbose, che cingevano un lago molto profondo, il quale occupava la valle da Wangen a Grinau, ed era, con tutta probabilità, determinato dallo

sbarramento delle due gole, che danno scolo alle acque attualmente. Così furono precisamente originati i nostri laghi glaciali di Adrara, di Pianico, di Gandino. Trovandoci nel cuore della zona del terreno glaciale, appartenente all'antico ghiacciajo del Reno, i geologi svizzeri ci diranno se il bacino di Dürnten o Utznach fu sbarrato immediatamente dal ghiacciajo, come quello di Pianico, o da un cono di dejezione glaciale, come quello di Gandino.

1224. Anche le condizioni stratigrafiche dei depositi svizzeri li fanno equivalenti ai lombardi. Risultano infatti di strati torbosi, alternanti con strati detritici, con intercalamenti (precisamente come a Pianico) di terreno glaciale, il quale ricopre poi definitivamente i depositi lacustri. Ecco, per Dürnten, lo spaccato discendente:

1. Massi erratici alla superficie.
2. Ciottoli arrotolati e sabbie.
3. Piccolo strato di lignite.
4. Argilla.
5. Potente letto di ciottoli.
6. Lignite (banco maestro).
7. Sabbia.

1225. In questo spaccato non si nota il terreno glaciale intercalato ai depositi lacustri o fluviali. Ma a Unterwetzikon gli strati lignitici riposano sull'argilla, e al dissotto di questa compare il terreno glaciale, coi ciottoli striati, come a Pianico, e tra essi un masso di 6 piedi di diametro. Nel deposito di Mörschwoil i massi erratici si trovano a diversi livelli.

1226. Se rimanesse qualche dubbio sulla perfetta equivalenza dei depositi lignitici descritti sugli opposti versanti delle Alpi, la paleontologia verrebbe a dissiparlo. La flora dei bacini svizzeri, è, come quella dei lombardi, quasi senza eccezione, una flora vivente. Nel *charbon feuilleté* sono indicati da Heer l'*Acer pseudoplatanus* L. e il *Taxus baccata*, da noi trovati nel bacino di Pianico (§ 1209) la *Trapa natans* L. (citata come incerta) e il *Corylus avellana* L. del bacino di Gandino, oltre ai viventi *Pinus abies* L., *P. silvestris* L., *P. montana* Mill., *P. larix* L., *Quercus robur* L., *Betula alba* L.

1227. La fauna ci offre conchiglie lacustri di specie viventi ed insetti di specie estinte. Non ci avremmo però nulla di ben caratteristico dell'epoca, se non fossero i mammiferi. Ci troviamo tra questi l'*Elephas antiquus* Falc. che figura coll'*E. meridionalis* nei depositi della Val d'Arno, cui vedremo appartenere indubbiamente all'epoca glaciale, il *Rhinoceros etruscus* Falc., sinonimo del *R. Mercki* Jaeger dei bacini di Pianico e di Gandino (§ 1210), il *Bos primigenius* Boj., specie che appartiene assai probabilmente

al bacino di Adrara (§ 1212) e l'*Ursus spelæus* Blum. cui dimostreremo pure indubbiamente glaciale.

Contemporanee del *charbon feuilleté* sono le ligniti di Sonnaz in Savoja, come quelle che presentano condizioni statigrafiche uguali, e sono ricoperte da un potente deposito a ciottoli striati.

1228. Un altro celebre deposito lacustre, ma non glaciale, viene a porsi immediatamente tra gli equivalenti glaciali. È questo il deposito della Val d'Arno, ritenuto ordinariamente come terziario. È noto come la Val d'Arno si presenti all'occhio del geologo in forma di vasto bacino, occupato già da un antico lago, che creovvi una enorme formazione lacustre, la quale consta, al solito, di sabbia, di marne, di argille, di ligniti fra loro alternanti. Ora il fondo della Val d'Arno presenta la forma di un vasto altipiano, profondamente solcato in tutti i sensi da un labirinto di valli, per cui la formazione lacustre offre a mille a mille gli spaccati naturali. Per la stessa ragione si raccolsero a migliaja le reliquie dei grandi mammiferi, a cui la Val d'Arno deve specialmente la sua geologica celebrità. Il signor Spreafico, il quale ebbe occasione di studiarla recentemente, non dubitò di affermare che la Val d'Arno non è altro che il bacino di Leffe a grande scala. Molti autori hanno scritto dei fossili di quella formazione; ma non permettendo i limiti di quest'opera di riportare e di discutere i diversi risultati o le diverse opinioni, mi accontenterò di riportare la lista dei vertebrati che vi si rinvennero, communicatami dal signor Major, come risultato de'suoi studi sugli autori e sui pezzi originali: ben inteso che lo studio dei pezzi originali si può dire appena iniziato. La seguente lista ci presta però ad esuberanza gli argomenti per conchiudere nella questione che ci occupa.

Macacus florentinus Cocc.
Felis 2 sp.
Canis sp.
Ursus etruscus Cuv.
Mustela sp.
Hyaena sp.
Drepanodon (Machairodus) 2 sp.
Equus fossilis Rutim. (non Owen)
Hippopotamus major
Mastodon arvernensis
Elephas meridionalis
Elephas antiquus
Rhinoceros etruscus Falc.
Rhinoceros hemitoechus Falc.
» *leptorhinus* Cuv.
Sus sp.
Bos etruscus Falc.
Cervus dicranius Nesti
» 2 sp.
Castor nova sp.
Tapirus sp.
Antilope sp.
Lagomys sp.

1229. Dalla ispezione di questa lista, appare evidentemente, come non ne dubita lo stesso signor Major, che bisognerà distinguere nella Val d'Arno

due orizzonti almeno: un orizzonte inferiore, segnato dal *Mastodon arvernensis*, e un orizzonte superiore, indicato da quelli che noi diciamo prototipi glaciali, che qui trovansi tutti riuniti, insieme a una moltitudine di altre specie. Il *Mastodon arvernensis* sarebbe pliocenico, come quello che appartiene a depositi che sono, con tutta probabilità, più antichi del terreno glaciale. Dove poi si trova indicato in un terreno, che può altrimenti ritenersi come equivalente del glaciale, bisogna dire che in esso terreno vi siano, come nella Val d'Arno, due orizzonti.[1]

Bisognerebbe ben definire la stratigrafia della Val d'Arno, nei rapporti coi rispettivi fossili, per potervi precisare i diversi orizzonti. Quello che è certo però è questo, che la formazione lignitica, colle argille e colle sabbie, da cui si svolgono in sì gran copia gli ossami, e che costituisce la porzione superiore della formazione, cioè l'immediato sottosuolo della Val d'Arno, appartiene all'epoca glaciale, contenendo tutti i fossili più caratteristici del terreno glaciale. — *Elephas meridionalis*, *Rhinoceros leptorhinus*, *R. Etruscus*, ed *hemitoechus* (sinonimi dei *R. Mercki*) *Bos etruscus*.

1230. Identica alla fauna della Val d'Arno, secondo F. Major, è certamente quella delle così dette *alluvioni sotto-vulcaniche pumicee* dell'Alvernia, nelle località della Montagna di Verrier, Malbattu, ecc. Quelle alluvioni vanno dunque ascritte al terreno glaciale. Del resto ove siamo sicuri di trovare estesi equivalenti del terreno glaciale è appunto nelle antiche alluvioni. Mentre gli antichi ghiacciai trascinavano giù lentamente dalle Alpi il prodotto delle frane, cui venivano a deporre sotto forma di morena; i mille torrenti, che uscivano dai ghiacciai stessi torbidi o vorticosi, venivano a deporre nel piano le loro rapina sotto forma di alluvione fluvio-glaciale. Io credo che il detrito, deposto dal torrente che sbuca da un ghiacciajo, sia le cento volte più copioso di quello che il ghiacciajo depone in forma di morena. Ci vorrà un anno, perchè una morena si approprii un ciottolo, che si trova a dieci metri di distanza sulla superficie del ghiaccio; ma il torrente esce gonfio e torbido notte e giorno incessantemente. Noi abbiamo veduto come il ghiacciajo è una gran lima che rode il fondo, rode le sponde, rode il mobile detrito, e tutto il prodotto di quella gigantesca limatura è portato dal torrente lontano dal

[1] Il *Mastodon arvernensis*, secondo un catalogo inedito di Major, si trova in Francia, nelle sabbie marine di Montpellier, nell'Alvernia e nel Vélay nelle alluvioni sottovulcaniche inferiori, nelle alluvioni antiche della Bresse, ecc.: in Inghilterra, nel crag di Suffolk e di Norwich: in Italia, nell'Astigiano, nella Val d'Arno inferiore e superiore, nella provincia di Roma: in Germania, nel bacino di Vienna: nella Russia meridionale, sulla punta di Taman, al piede del Caucaso, secondo Lartet, che riferisce alla stessa specie il *M. intermedius* Eichwald, trovato in Volinia.

ghiacciajo, lontano dalla regione delle morene, giù nel piano, giù fino al mare. Mentre adunque formavansi quei cumuli morenici che meritano il nome di montagne; piani sterminati, intiere regioni conquistate al mare, dovevano sorgere come per incanto, create dagli immensi depositi fluvio-glaciali. Indubbiamente la creazione di una gran parte delle pianure alluvionali dell'Europa, e di tutte le altre parti del globo, rimonta all'epoca glaciale. Ma i fiumi che sgorgavano dagli antichi ghiacciai sono quelli stessi che traggono le loro sorgenti dai ghiacciai attuali, o solcano le stesse valli, che dagli antichi ghiacciai erano percorse. La creazione adunque dei grandi depositi alluvionali continuò dopo l'epoca glaciale, e continua ancora. I nostri delta non sono che le parti più avanzate o le più recenti delle grandi formazioni alluvionali, le quali ebbero principio all'epoca glaciale, e fors' anche più presto. Come distingueremo adunque le alluvioni equivalenti del terreno glaciale, da quelle che si formarono o prima o poi? Bisogna ricorrere ai fossili.

1231. Le antiche alluvioni riboccano di ossami in tutte le regioni del globo. Segnalati ovunque sono gli ossami di grandi mammiferi di specie estinte, segnatamente di elefanti e di rinoceronti. In tutte le regioni del Po, per es. si scoprirono elefanti che appartengono assai probabilmente all'*E. meridionalis.* Ma vi si scoprono pure avanzi del *cervo dalle corna gigantesche* (*Megaceros hibernicus*), specie estinta, ma che appartiene probabilmente ad una fauna più recente. Vi si scoprono inoltre reliquie di Alce e di Bisonte, specie ancora viventi, ma trincerato ora entro le regioni più nordiche. Aggiungi gli ossami d'altre specie o estinte o viventi. Quegli ossami si raccolsero dai curiosi, si ammirano nei musei! Ma chi ne ha determinato, chi potrà anzi determinarne il livello? Dobbiamo dunque conchiudere semplicemente che una gran parte delle antiche alluvioni padane appartiene all'epoca glaciale.

1232. Lo stesso dobbiamo ripetere del *Loess* ossia dei grandi depositi alluvionali antichi delle grandi regioni del Reno e del Rodano. L'indole fangosa di quegli immani depositi fa pensare a quegli immensi fiumi glaciali, che dovevano discendere dalle regioni delle Alpi, gonfi e melmosi le cento volte più che nol siano oggi i torrenti glaciali che danno vita a quei due grandi fiumi. Anche nel *Loess* si scoprono ossami di grandi mammiferi; ma la specie che pare vi si raccolga più di sovente è un elefante, il quale appartiene esso pure ad una fauna più recente della vera fauna glaciale. Quell'elefante è l'*E. primigenius,* il celebre *Mammouth* di cui dovremo lungamente intrattenerci più tardi. Si trovarono anche nel *Loess,* benchè a poca profondità, dei resti umani. Anche il *Loess* adunque, che io ritengo in genere d'origine glaciale, crebbe sotto

diversi orizzonti, e bisognerà che la stratigrafia e la paleontologia s'intendano per fissarli. All'epoca glaciale appartiene certamente il *Lehm* di

Fig. 110. *Megaceros hibernicus.*

Berlino. Per brevità richiamo in proposito il lettore a quanto ne fu detto nel capitolo precedente.[1]

Il così detto *Drift*, sparso ovunque in Inghilterra e nel Nord-America, piuttosto che un equivalente del terreno glaciale, è il terreno glaciale stesso, sotto forma di detrito glaciale o di alluvione fluvio-glaciale. Come tale pare considerato universalmente dai geologi inglesi ed americani.[2] Un

[1] Vedi la *nota* 2 al § 1167.

[2] Dana divide l'epoca posterziaria nell'America del nord in tre periodi, anteriori al periodo antropozoico: 1.° Periodo glaciale; 2.° Periodo del Champlaio; 3.° Periodo dei terrazzi. Il *periodo glaciale* è quello della dispersione del *drift*, ossia di un detrito prettamente glaciale, che ricopre quasi per intiero il Canadà, la Nuova Inghilterra, invade le regioni del Missisipi, e trova i suoi confini verso il 39.° parallelo nella Pensilvania, Ohio, Indiana, Illinois,

terreno glaciale (probabilmente una alluvione) sarebbe indiziata dalla mascella inferiore d'un *Elephas meridionalis* scoperta nel 1868 a Yokoska, nella penisola di Sagami, vicino a Yokohama (Giappone). Essa fu spedita a Parigi dal dottor Savatier. Termino di parlare delle alluvioni riferibili all'epoca glaciale, dichiarando che è uno studio da farsi.

1233. Fra i depositi recenti, superficiali, nei quali siamo spinti naturalmente a cercare gli equivalenti del terreno glaciale, ci si presentano i riempimenti delle caverne, i celebri ossari che si scopersero nelle spelonche di tutte le regioni del globo. Le *caverne ossifere*, o meglio i depositi ossiferi delle caverne, sono abbondantissimi in Europa, e costituiscono una formazione geologica a sè, di data relativamente assai recente, e d'una importanza specialissima per la geologia dei terreni posterziari. Un motto dapprima sull'origine delle caverne.

1234. Prescindendo dalle caverne de' terreni vulcanici e in genere dei terreni cristallini non stratificati, che ripetono la loro origine preferibilmente o da bolle gazose, ossia da rigonfiamenti delle lave pastose o dal vuoto lasciato dalle correnti di lava scorrenti sotto una solida vôlta, e dicendo solo di quelle che si sprono nelle formazioni stratificate, possiamo, secondo l'origine loro, distribuirle in due classi.

Appartengono alla prima classe le cavità, talora giganteschc, che furono prodotte dallo scioglimento di sostanze solubili, giovato anche dall'erosione meccanica, per effetto della circolazione sotterranea delle acque. Certi spaziosi sotterranei, che si perdono nelle formazioni salifere, gessose ed anche calcaree, vantano, secondo ogni apparenza, una tale origine. La si assegna, per esempio, alla regina di tutte le caverne, a quel piccolo mondo sotterraneo che si chiama *Caverna del Mammouth* nel Kentucki.

Jowa. I confini a nord ne sono ignoti. La sua elevazione è di 2000 a 6000 piedi. Coosta di sabbie, ghiaje, ciottoli arrotondati e massi dell'ordinario diametro di un piede cubico. Anche là tuttovia si osservano enormi massi erratici, tra i quali uno vanta 40,000 piedi cubici. Nessun fossile, salvo qualche pezzo di legno; nessun indizio o di mare o d'acquo salsa. I materiali si fanno sempre più fini venendo do nord a sud.

Talvolta il *drift* segue il pendio delle valli; talvolta le incrocia. I mossi giacciono lontani da 30 fino a 100 miglia dalla loro origioe. Le strioture, le scanalature, gli orrotondamenti delle roccie in posto, tutto in fine attesta un apparoto glociale, come nelle Alpi. Le valli principali del Nord-America, corrono da nord o sud, e tale è oppunto lo direzione delle strie. Esse strie si osservano fin all'altezza di 5000 piedi, ed anche i ciottoli sono strioti. Nell'America meridiooale il *drift* si avanza dolla Terra del Fuoco fino al 45.° verso l'Equatore.

Dal complesso de' fatti risulta dunque il terreno glaciole sussistere in America come nelle Alpi e presentare gli stessi fenomeni, salvo che non si seppero ancora distioguere colà, in modo preciso, i fenomeni di diverso ordine, dipendenti per avventura, o dalle correnti di terra o dai ghiacci marini, che ebbero ad agire sopra una costo, sollevata in epoca posteriore. Del resto anche il Dana, dopo molto discutere, finisce coll'accordore la preferenza olla teoria dei ghiacciai alpini, restringendo d'assai il campo d'azione agli *iceberg* (ghiacci galeggianti).

Le caverne della seconda classe non rappresentano invece che una discontinuità di strati, prodotta da spezzatura di anticlinali, da sdrucciolamenti, da salti. Questo è anzi il caso più pratico, e tale io credo sia l'origine, salvo forse qualche eccezione, delle numerose caverne che si incontrano nelle formazioni calcaree delle nostre Prealpi, come, p. es., del Buco dell'Orso sul lago di Como, del Buco del piombo, sopra Erba, ecc. Osservandone l'ingresso, si vede benissimo come la parte aperta, ossia la grotta, si continua con un crepaccio chiuso: ma il tutto infine non dipende che da un salto. Talora la linea del salto, ossia la sutura, è disegnata per bene nella vòlta della caverna da una serie lineare di stalattiti. È il caso della caverna ossifera di Levrange in Val-Sabbia (Lombardia).

Qualunque origine del resto si assegni alle caverne, ciò non tocca per nulla la questione dei depositi che vi si formarono, e degli animali che le scelsero per loro dimora.

1235. Rovistando nelle caverne, vi si trovano d'ordinario dei depositi, posteriori alla loro formazione: nè solo stalattiti o stalagmiti; ma argille, fanghi, sabbie, detriti d'ogni genere. Nulla di più ordinario che discoprire in tali depositi reliquie organiche, specialmente ossami di belve. Quando si pensi come le caverne siano aperte all'atmosfera e in communicazione col suolo esterno; come spesso le piogge e le filtrazioni vi debbano condurre materie terrose dall'esterno; come possano venire dall'esterno inondate; come spesso scopransi sottorranee correnti nel loro seno: non ci farà meraviglia l'esistenza di depositi multiformi, ove gli ossami delle fiere, ospiti naturali delle caverne, trovinsi sepolti. Sarà però naturalmente difficile il poter distinguere qual deposito formossi prima, quale poi. Vi si troveranno anche facilmente reliquie umane e avanzi di umana industria, mentre le caverne furono in tutti i tempi abitate, o lo sono universalmente più o meno ancora. Pare dunque impossibile di trovare nelle caverne un deposito qualunque, che offra i termini di una classazione geologica. Cominciamo però a dire che, salvo forse qualche eccezione, i fossili scoperti finora nelle caverne appartengono indubbiamente agli ultimi periodi geologici. O sono specie viventi, o specie posterziarie. Io non so che vi si trovasse mai una reliquia di specie appartenente all'eocene, al miocene, e nemmeno al pliocene; sempre inteso che ritengonsi posteriori al pliocene le specie ritenute generalmente come plioceniche, ma dimostrate da noi come glaciali. Le caverne stesse, determinate per lo più dal sollevamento dei continenti, devono essere relativamente assai recenti. I depositi ossiferi delle caverne, ridotti a rappresentare i periodi geologici più recenti, tra il pliocene e l'epoca attuale, possono perciò già ripartirsi sotto due orizzonti, distinguendosi quelli che contengono resti umani, o d'umana industria, da quelli che non ne contengono.

Noi intendiamo ora di occuparci esclusivamente di quei depositi ossiferi, che non contengono nessuna umana reliquia, di quelle caverne che sono assolutamente ed esclusivamente *cimiteri di belve*. E ve n' hauno moltissime. Trattasi anzi di un fenomeno veramente universale, che si verifica del pari per ciascuna provincia dell' Europa, come per ciascuna dello isole più inospiti dell'Australia. Noi ci staremo tuttavia per ora all'Europa soltanto, dove il fenomeno fu soggetto di tante indagini, e lo è ancora con tale insistenza che la scienza geologica n' ebbe singolare incremento.

1236. Le caverne d'Europa contengono sovente cumuli d'ossami, talora prodigiosamente enormi, riferibili specialmente a certe specie estinte, per lo più carnivore, costituenti una fauna, che si può chiamare la *fauna delle caverne posterziarie*. Nella seguente lista sono indicate le specie più caratteristiche.

Felis spelaea Goldf. — Nelle caverne d' Inghilterra, Germania, Francia e Italia.

Hyaena spelaea Goldf. — Nelle caverne delle regioni suddette e del Belgio.

Hyaena prisca M. d. Serr. — Nelle caverne di Francia.

Ursus spelaeus Bos. — Nelle caverne di tutta l'Europa.

Rhinoceros leptorhinus Cuv. — Nelle caverne d' Inghilterra.

Rhinoceros haemitoechus (Mercki?) Falc. — Nelle caverne d' Inghilterra.

Hyppopotamus Pentlandi H. v. Mey. — Nella caverna di San Ciro presso Palermo.

Elephas meridionalis Nesti. — Nella caverna di San Teodoro in Sicilia.

1237. Generalmente in ogni caverna predomina una sola specie carnivora, che si può chiamare la regina della caverna. Le caverne della Franconia erano divise, secondo Cuvier, tra l'*Ursus spelaeus* per $^3/_4$ la Jena per $^1/_8$ e l' altro ottavo tra carnivori diversi. Spesso però si raccolgono, oltre la dominante, altre specie in gran numero. La caverna di Lund-Vieil presso Mompellier tributò trentacinque specie. Famosa sopra le altre è la caverna di Hirkdale (Inghilterra, 25 miglia a nord-est di York). Vi regnava la jena, rappresentatavi dalle reliquie di almeno settantacinque individui; però misti ad esse vi si scoprirono resti di elefanti, rinoceronti, ippopotami, cavalli, buoi, daini, lepri, donnole, volpi, lupi, orsi, tigri. Parmi di poter rimarcare come il numero delle specie sia tanto maggiore, quanto la specie dominante è d' indole feroce, di abitudini carnivore; viceversa quando la specie dominante sia di costumi più miti, specialmente se erbivora. La caverna di Hirkdalo, dominata dalla jena, e ricca di ossami d tante specie, può rappresentare un estremo, mentre l'altro estremo può

venir rappresentato dalla caverna di San Ciro presso Palermo, ove a migliaja giacevano gli ippopotami, associati a scarsissimi avanzi di altre specie erbivore.

1238. Per rendere più pratico il concetto delle caverne ossifere, dirò un motto di una delle più rimarchevoli scoperte ai piedi delle Alpi di Lombardia. È la caverna detta il *il Buco dell'Orso* sopra Laglio, sul lago di Como (fig. 150). La parte accessibile misura circa 250 metri di lunghezza. L'esterno è fatto in guisa che le acque pluviali non possono entrarvi, formando invece talvolta uno stagno all'ingresso della spelonca. Ad un certo punto la caverna presenta una ripida discesa. Chi primo giunse sul fondo intatto nella parte più profonda, trovollo, a guisa di irregolare bacino, ricolmo di finissime argille, talora plastiche, talora finissimamente sabbiose, o meglio terrose, stratificate con sorprendente regolarità. Qualche rarissimo ciottoletto di quarzo arrotolato vi si scoperse. Un velo stalagmitico si estendeva all'ingiro, dal labbro del bacino verso il centro di esso, incompleto però in guisa che la maggior parte del deposito argilloso era intieramente scoperto. Il deposito stesso era anche eroso in parte, quasi una corrente di acqua vi si fosse aperta la via. Quei letti argillosi erano un vero cimitero di ossi di *Ursus spelæus*. 300 individui almeno vi erano rappresentati; ma io credo ce ne siano migliaja. D'altre specie si rinvenne qualche osso in via affatto eccezionale. Gli ossami erano così intatti come fossero stati riposti in una vasca di macerazione. Dal punto dove essi si trovano la caverna continua ascendendo, e 40 metri più in là si arriva al punto ove un torrentello limpidissimo si precipita entro un foro naturale del suolo della caverna e perdesi negli abissi. Rimontando il torrentello si trovano due larghi stagni, finchè la vôlta abbassandosi, vieta d'inoltrarsi. Il letto del torrente e il fondo dei laghetti sono di ghiaja nerissima, composta di ciottoletti lisci arrotolati; e alcuni depositi di ghiajo e di sabbie a strati sulle sponde indicano le fasi di quella sotterranea corrente. I particolari descritti e gli spaccati di questa caverna li troverete nel secondo volume della *Paléontologie lombarde*, ove il signor Cornalia descrive la ricca serie dei nostri mammiferi posterziari.

1239. Come mai una caverna, ove regnava il formidabile orso che superava di ben quattro volte la mole dell'orso attuale delle Alpi, trovasi così destituita di ossami d'altri animali? La forma dei denti molari dell'orso delle caverne, come le abitudini dell'orso vivente nelle Alpi, a cui il fossile si avvicina, non accusano di soverchia ferocia quell'enorme quadrupede, che può dirsi, per rapporto al periodo dell'epoca posterziaria, l'imperatore delle caverne. L'orso delle Alpi è di costumi assai miti; si pasce a preferenza di vegetali, nè diviene carnivoro che necessitato dalla carestia

degli ordinari alimenti. Quella immensa spelonca, ove visse un popolo così numeroso di belve dalle terribili zanne, non presentò forse mai una scena di sangue. Ciò può servire, per mio avviso, assai a determinare l'origine di quegli strani ammassi.

1240. Molto infatti si disputò sulle cause che possono aver determinato tali congerie di ossami. Per sventura l'opinione ricevuta più universalmente è quella che noi dobbiamo rifiutare come assurda per sè e in assoluta opposizione ai fatti. Si pretese che quegli ammassi di ossami fossero stati fluitati e deposti entro le caverne dalle correnti esterne che trovavano modo di cacciarvisi. Per concedere ciò bisognerebbe ammettere anzi tutto che la superficie del globo fosse un giorno letteralmente coperta d'ossami, sicchè ne risultasse una alluvione ossosa; poi la corrente avrebbe trascinato nelle caverne e ciottoli, e legnami, e conchiglie, e prodottovi un vero caos; poi guasti gli ossami, confuse le specie, e via via. Tutti i fatti sono contrari all'ipotesi. Generalmente parlando, 1.° i depositi ossiferi sono veri ammassi di ossami in tutta la strettezza de'termini; 2.° gli ossami sono conservatissimi; 3.° il deposito terroso che li involge è generalmente grasso, fangoso, senza ciottoli, senza mistura di legnami o d'altro, d'indole tutt'altro che fluviale; 4° si nota una certa distinzione di specie, ed una specie dominante.

1241. È vero che in molti e molti casi si accennano dei ciottoli, si osservano degli ossami rotolati, e quanto accusa l'azione meccanica di una corrente; ma nello stesso modo ogni caverna offre delle specialità che esigono speciale spiegazione. L'errore in geologia nasce il più delle volte dal voler generalizzare ciò che di speciale si scopre in un dato caso. Certo un fenomeno generale, come è quello delle caverne ossifere, deve cercar ragione in una causa generale; trovata questa, si potrà passare oltre, e spiegare le specialità di ciascuna caverna.

1242. Applicando la massima, noi poniamo la ragione generale dei veri depositi ossiferi (non di qualunque osso si trovi per caso in una caverna) nelle abitudini degli animali, che gli antri prediligono come loro dimora. Dalla volpe al leone tutte le fiere cercano la tana. L'istinto di sociabilità riunisce gli individui della medesima specie, nè una specie può tollerare nello stesso covo una specie rivale: la tana dell'orso non può essere quella del lupo o della jena. Così si spiega come gli ossami delle caverne appartengano a preferenza alle fiere, e come in ciascuna caverna predomini una specie. La fiera carnivora guaterà la preda dal covo nativo, e la trascinerà palpitante per divorarla in seno alle tenebre. Le caverne abitate dalla *Hyæna spelæa* sono un campo di strage. Tale è la caverna di Kirkdale; le jene vi trascinavano i cadaveri e sulle ossa rôse di animali

d'ogni stampo, si osservano ancora le impronte dei denti ferini. Anche gli escrementi calcarei, caratteristici delle jene viventi, attestano che quelle fiere avevano nella caverna la loro dimora, e non vi furono tratte fortuitamente dopo la morte. Il rintanarsi delle belve quando sono afflitte da malore o minacciate da un pericolo, spiega come si accumulassero quegli ossami, o per sovrapposizione di molte generazioni, e forse talora per repentina catastrofe che spense contemporaneamente molti individui. Prescindendo dagli ossami, e in genere dalle sostanze animali sufficienti a creare da sè soli un deposito di qualunque spessore, come è il caso dei guani del Perù, differenti cause poterono dar luogo a differenti depositi in seno alle caverne. Trattasi talora semplicemente di ossami, cementati dal calcare incrostante, e ridotti a formare una breccia. Quanto alla matrice, ossia alla roccia che involge gli ossami può avere anch'essa diversa origine, secondo i casi. Talora sono investiti dal calcare incrostante. D'ordinario è un terriccio grasso e fetido che li involge, e io credo non si tratti che di *humus* formato dalla decomposizione delle sostanze animali, misto a terriccio portatovi dalle pedate delle fiere che frequentavano quel covo, e a ogni genere di spazzatura. Quanto al regolarissimo deposito argilloso o terroso del Buco dell' Orso, lo vedremo un prodotto di origine glaciale. Il giustificare tali asserti esigerebbe un trattato, e noi ci dilunghiamo già anche di troppo. Gli esempi citati nol furono per altro, che per mettere in evidenza il principio da me adottato, che cioè, riconoscendo come causa generale dei veri depositi ossiferi nelle caverne tutte del globo le abitudini degli animali che le abitavano, dobbiamo cercare nelle varie particolarità dei depositi stessi le cause parziali varissime di esse particolarità.

1243. Domandiamo ora: a qual' epoca appartengano i depositi ossiferi delle caverne? Certamente al periodo glaciale. Se nol provano a sufficienza le specie di epoca glaciale, rinvenute specialmente nelle caverne d'Inghilterra; ho a mani un argomento, credo invincibile: ed è ancora il Buco dell'Orso (§ 150) che me lo presta. I signori dottor Casella e abate Bernasconi mi rimisero alcune verificazioni fatte dietro mio invito, che confermano pienamente la tesi che io passo a sostenere, il cui sviluppo però esigerebbe un trattato.

1244. Se vi ricordate, un deposito di argille e finissimi depositi terrosi, a strati di straordinaria finezza e regolarità, involgevano, o meglio coprivano, gli ossami. Il sedimento dava indizi di profonde erosioni; anzi le porzioni di esso sedimento, lasciate qua e là anche negli angoli più riposti e nelle parti più alte, indicavano chiaramente, come tutta la caverna fosse stata letteralmente ostratta dello stesso finissimo sedime. Dirò di più: l'at-

tuale caverna si può dire letteralmente scavata nel deposito sabbioso e melmoso, che riempì interamente e in parte ancora riempie l'antica caverna calcarea, assai più vasta della caverna attuale, non risultando questa che dalla erosione parziale del deposito sabbioso o melmoso, che quella riempiva interamente. Donde proveniva quell'antico terroso riempimento di una caverna così spaziosa, aperta dalla natura in seno ad una montagna calcarea? dal torrentello che la caverna attualmente percorre non già: esso vi trascina delle ghiaje voluminose, e, ad ogni modo, avrebbe dato al deposito un aspetto fluviale. Qui nemmeno un grano di vera sabbia; tutto invece vi accusa la calma imperturbata di uno stagno. Gli stessi fatti escludono l'idea di una corrente esterna, intesa nel vero senso, che la inondasse. — Riflettiamo invece ad un fatto, ed è questo, che il Buco dell'Orso si apre sul fianco del monte, assai al disotto dei limiti del terreno glaciale. I massi erratici si trovano a profluvio centinaja di metri al dissopra della caverna: anzi il dottor Casella crede d'aver rilevato che il ghiacciajo del lago di Como soverchiasse le alture di tutta la montagna. Ci fu dunque un tratto di tempo durante il quale il Buco dell'Orso rimase otturato, anzi sepolto sotto al ghiacciajo. Ma, badate bene, avanti all'epoca dell'otturamento, ci fu un tempo in cui il ghiacciajo giunse al piede della caverna. Notisi che essa caverna si apre in fondo ad un seno, discretamente capace, che doveva rimaner sbarrato come una valle qualunque, e per un tempo forse lunghissimo. Che avvenir doveva del seno e della caverna in cui si prolunga? In piccolo, ciò che in grande avvenne della Val-del-Foresto, della Val-Adrara, del bacino di Leffe (§§ 1203-1218). Una volta che il ghiacciajo, riempito il lago di Como, levossi colla sua destra fino alla soglia della caverna; il seno e la caverna stessa furono necessariamente trasformati in laghetto glaciale, della lunghezza di forse 300 metri. Il torrentello scorreva certamente fin d'allora in fondo alla caverna; ma, otturata ogni uscita dal ghiacciajo, incombente alle regioni inferiori alla caverna, doveva esso torrentello rigurgitare e prestare più facile elemento alla formazione dello stagno. Quel laghetto, sul fianco di una enorme morena, lavata di continuo o dalle piogge o dal disgelo, doveva farsi torbido e deporre quella gran massa di sedimento, che ha una sorprendente somiglianza con certi strati terrosi di Pianico e di Leffe. Così doveva succedere finchè il ghiacciajo si limitava alla base della caverna. Ma esso continua ad alzarsi, e la caverna non figura più che come un vaso laterale, ove si ingolfa la fanghiglia glaciale, finchè l'abbia interamente ostrutto. Parrà creazione fantastica questa mia; ma il deposito c'è, e sfido a spiegarlo diversamente. Del resto, la causa che io gli assegno è al tutto facile, naturale; l'effetto necessario.

1245. È inteso che, in tale supposto, gli ossami orsini dovevano preesistere all'ottnramento della caverna. Forse però quegli orsi, vagolanti nelle regioni glaciali, continuarono a ripararsi nella caverna, quando i primi depositi lacustro-glaciali si formavano nella sua parte più depressa. Più tardi la caverna divenne inabitabile, anzi inaccessibile. Perciò la gran congerie degli ossami trovossi entro un piccolo giro, nella parte ima della caverna stessa, ed anche qui gli ossami occupavano gli strati più profondi, di natura più argillosa e più conforme nei caratteri agli ordinari depositi delle caverne ossifere. La gran massa stratificata, che riempiva la porzione della caverna, appena superiormente al pavimento attuale di essa, trovossi interamente piena di ossami o d'ogni avanzo organico. Trattasi insomma di un fango glaciale, che venne a sovrapporsi immediatamente ad un cumulo di ossami, quando i ghiacciai avevano quasi raggiunto il loro massimo sviluppo, per cui la loro preesistenza non è tale, che quel deposito ossifero non possa dirsi contemporaneo all'epoca glaciale.

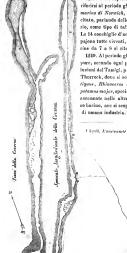
1246. Segue la seconda fase. Il ghiacciajo si ritira; la bocca della caverna è libera. Il torrentello interno ripiglia il suo corso; ma la caverna essendo interamente ostrutta da quella fanghiglia, esso non può trovare l'uscita che rodendola. Così quel finissimo sedimento è in gran parte esportato per la via più naturale, cioè per la bocca della caverna. Quando però l'erosione è giunta ad un certo punto, rimane scoperto quel foro sul fondo della caverna, per cui il torrentello si perde attualmente negli abissi. Da quell'istante esso più non invade, se non forse talora nelle piene straordinarie, la porzione anteriore della caverna, e le reliquie di quel sedimento e gli ossami da lui ricoperti ci rimasero intatti. La forma della caverna, ritratta nella figura, giustifica completamente il mio modo di vedere.

Conchiudendo, dirò che se, in base specialmente ai dati paleontologici, potevano già sincronizzarsi i depositi delle caverne coi terreni glaciali; il *Buco dell'Orso* prestò i più positivi argomenti di un tale sincronismo.

1247. Sincronizzato le *caverne ossifere* colle formazioni glaciali, si possono facilmente riferire alla stessa epoca altri depositi ossiferi, p. es. le *brecce ossifere*, sviluppatissimo all' ingiro del Mediterraneo, e note singolarmente sulle coste d'Italia. Sono crepacci nella roccia, riempiti, come le caverne, di depositi argillosi, di tritume d' ogni sorta, e di ossami di specie postplioceniche. Ove non si rinvengano avanzi umani, caso rarissimo del resto, si possono ritenere come anteriori all'èra antropozoica. Lo stesso dicasi di molti travertini. Nelle panchine di Livorno, p. es., rinviensi l'*Elephas antiquus*. S'abbia però sempre in mente che, trattandosi di depositi superficiali ed anche in attualità di formazione, la questione, circa l'epoca dei singoli depositi, diviene assolutamente pratica, da decidersi cioè secondo

i dati paleontologici e stratigrafici offerti da uno studio accurato d'ogni singolo deposito.

Fig. 150. — Il Buco dell' Orso sopra Laglio.

A. Lago interno.
B. Foro d'immissione dell' acqua nell' emissario sotterraneo.
BC. Linea approssimativa dell' emissario.
DE. Fori in communicazione coll' emissario.

1248. Tra i depositi d'estuario potrebbe riferirsi al periodo glaciale il *crag fluvio-marino di Norwich*, che noi abbiamo già citato, parlando delle formazioni d'estuario, come tipo di tali formazioni (§ 212). Le 14 conchiglie d'acqua dolce scopertevi pajono tutte viventi, mentre sopra 76 marine da 7 a 8 si ritengono estinte.

1249. Al periodo glaciale appartengono pure, secondo ogni probabilità, certe alluvioni del Tamigi, p. es., quelle di Gray's Thurrock, dove si scopersero *Elephas antiquus*, *Rhinoceros leptorhinus*, *Hyppopotamus major*, specie che non sono punto accennate nelle altre alluvioni dello stesso bacino, ove si scoprono invece reliquie di umana industria.[1]

[1] Lyell, *L'ancienneté de l'homme*, pag. 163

1250. Venendo alle formazioni assolutamente marine e d'epoca glaciale, ne troviamo il brano più considerevole, e finora il più interessante, in Sicilia. Trattasi che quasi una metà dell'isola è ricoperta da una formazione, composta superiormente di calcare, inferiormente di argille, elevata fino a 900^m sul livello del mare. Sopra 124 specie di conchiglie, scopertevi da Philippi, 35 sono estinte. Il postpliocene di Sicilia è quanto v'ha di più adatto a farci comprendere l'immensa durata del periodo a cui lo riferiamo. Il solo calcare superiore ha la potenza di 200 a300 metri secondo i luoghi; fragile e grossolano sopra alcuni punti, è sopra altri compatto come il marmo. Sotto il calcare dobbiamo ancora calcolare dei gres, delle puddinghe, e infine le argille con sabbie gialle, cui i fossili obbligano a comprendere nell'epoca stessa del calcare. Nulla manca a completare l'ideale di una formazione geologica: dicchi di roccie vulcaniche trapassano in più luoghi la formazione: letti di materie vulcaniche alternano cogli strati calcareo-argillosi. Un letto d'ostriche, p. es., presso Vizzini, dello spessore di 6^m, riposa sopra una corrente di lava basaltica; e una seconda massa di lava, con tufi e piperini, lo ricopre. Quelle ostriche non sono nè più nè meno che le communi ostriche comestibili. Un banco di corallo, dello spessore di 0,^{m}45, fu seguito per parecchie centinaja di metri. Tutta questa formazione fu sollevata a 900^m sopra il livello del mare, ed è già erosa da profonde vallate. A ritenerla glaciale tre ragioni principali ci confortano. La prima, che essa formazione è indubbiamente posteriore al pliocene, cui trovammo rappresentato da altri terreni in Sicilia. La seconda, che la stessa formazione è anteriore all'ultimo sollevamento, il quale caratterizza, come vedremo, il *periodo dei terrazzi*, immediatamente susseguente all'epoca glaciale. La terza, che tra le conchiglie fossili si scoprono alcune specie proprie di latitudini assai più settentrionali, le quali accusano pertanto un raffreddamento del clima marino.

1251. La caverna di San Ciro, presso Palermo, se è veramente glaciale, come la si può ritenere per analogia colle caverne ossifere in genere, o per la presenza dell'*Elephas antiquus*, ci presta un altro argomento per ritenere glaciale la formazione posterziaria di Palermo. Questa caverna, scavata nel calcare cretaceo (*calcare di Palermo*) si apriva già esattamente al livello del mare. Infatti il pavimento di quella caverna è tutto bucherato dai litofagi, e parecchi degli ossami che vi si rinvengono in tanta copia sono rotolati dalle onde. Attualmente la caverna, sollevata di tutto quel tanto che misura il sollevamento della formazione posterziaria, si trova precisamente al piano superiore del gradino che risultò dal sollevamento di quella formazione. I calcari marini, di cui è composto il gradino, formavano adunque il littorale sotto-marino, quando la caverna

era ancora bagnata dal mare, e quando gli ippopotami venivano ad abitarla. Quei calcari adunque sono contemporanei del riempimento ossifero della caverna; sono dunque glaciali. Ben inteso che tanto i calcari marini, quanto il riempimento ossifero rappresentano un periodo di tempo assai lungo. Se il calcare ebbe tempo di acquistare da 200 a 300 metri di spessoro in seno al mare, in seno alla caverna ebbero tempo di vivere e di morire forse 12000 ippopotami.

1252. I grandi depositi marini postpliocenici di Sicilia non credo punto siano un fatto ristretto a quella estrema parte d'Italia. Penso invece che una formazione, equivalente per età e per potenza, si allinci alla base di tutto il rilievo dell'Apennino. Essa formazione sarebbe quindi contemporanea dell'epoca glaciale, anzi meglio che i depositi siciliani; si può stratigraficamente e paleontologicamente parallelizzare al terreno glaciale. Ciò che sto per esporre parrà ardito ai geologi, ma non sarà falso per questo. I depositi subapennini, che io vorrei ritenere equivalenti del terreno glaciale, sono le così detto *sabbie plioceniche*, che coronano la grande formazione subapennina.

1253. Dall' epoca in cui Brocchi illustrò così splendidamente quella enorme massa di argille e di sabbie, costituenti le colline subapennine, invalso l'uso di considerare tutti quegli strati, il cui spessore complessivo non è lontano dall'attingere i 1000 metri, come una cosa sola. Si badò più tardi a separarne gli strati più profondi, che si riconobbero miocenici; ma poco si badò a cimentare la serie superiore colla critica della moderna stratigrafia. È certo intanto che ad una zona di argille, potente di forse 700^{m}, con Balenoptere o Delfini, sovrasta una zona di sabbie, spesso ciottolose e con tutti i caratteri d'un vasto deposito littorale. La fauna marina delle sabbie superiori ha indubbiamente un' aria più giovine di quella delle argille. Ciò almeno si verifica a Roma, dove la differenza è assai rimarchevole. Infatti nelle argille abbiamo le vere specie subapennine descritte dal Brocchi, mentre nelle sabbie, p. es., in quelle di Monte Mario, ricche di 272 specie, dominano le specie viventi: — *Pecten opercularis* Lin., *P. varius* Lk., *Spondylus gadaeropus* Lin., *Modiola lithophaga* Lin., *Anomia, ephippium, Ostrea edulis, Donax trunculus, Balanus tintinnabulum*, ecc. I mammiferi terrestri poi tolgono qualunque dubbio circa la pertinenza delle sabbie subapennine all' epoca glaciale.

1254. È infatti da queste sabbie, anzi dai letti più superficiali, che il Cortesi disseppellì gli elefanti, i rinoceronti, e precisamente le specie da noi già trovate come caratteristiche delle formazioni glaciali: *E. meridionalis* e *R. leptorhinus*. L'*E. meridionalis* del Monte Pulgnasco giaceva negli strati sabbiosi più superficiali, non contenenti nemmeno fossili marini.

La famosa *Balenoptera* del Museo di Milano stava nell'argilla a 600 piedi di profondità sotto l'elefante; misura che si può pigliare per lo spessore degli strati interposti ai due fossili, giacchè non si verificano colà che deboli inclinazioni. Il *R. leptorhinus*, pur del Museo di Milano, giaceva sulle ultime argille, coperto da 200 piedi di sabbia. I Balani (crostacei marini) si erano fissati su quelle ossa. Questa formazione littorale, di 200 piedi di spessore, appartiene dunque tutta al periodo glaciale. Aggiungi, come abbiam detto (§ 1009), che la flora delle sabbie fu trovata da Heer molto simile alla flora di Utznach, indubbiamente glaciale (§ 1223-1227).

1255. Le osservazioni del prof. B. Gastaldi rendono assai sostenibile la mia opinione. Il deposito littorale, che si andava formando alla base delle Alpi, doveva essere tanto più prossimo alla superficie del mare, quanto più guadagnava verso nord. Non è quindi meraviglia, che si determinassero lagune o laghi d'acqua dolce, per cui si trovino, agli strati distinti da Balenoptere e Delfini, sovrapposti depositi di acqua dolce, che tengono luogo delle sabbie marine, esistenti più verso sud allo stesso livello stratigrafico. Ciò si verifica di fatti tra Villanova e Villafranca nell'Astigiano, donde il Gastaldi potè rilevare il seguente spaccato:

1.° Marne azzurre d'alto mare (alla base).

2.° Sabbie gialle con Balenoptere e Delfini.

3.° Sabbie e ghiaje, abbondanti di ossami, con conchiglie d'acqua dolce.

4.° Argille, marne, e calcaree grossolane, ricche d'ossami d'altri mammiferi, e aventi l'aspetto di un fondo paludoso.

Gli strati n.° 3 sono quelli che mi rappresenterebbero il periodo glaciale. Ai caratteristici *E. meridionalis* e *R. leptorhinus*, si aggiungono l'*Hippopotamus major* e l'*Elephas antiquus*, che si scopre nelle alluvioni del Tamigi, nelle caverne di Kirkdale, di Kent's Hole, di San Ciro e nei dintorni di Roma, sempre in depositi postpliocenici. Gli strati n.° 4 invece rivelano una fauna, più recente; buoi, cervi, cavalli, marmotte. Anzi allo stesso livello, nell'Astigiano, si sarebbe trovato un cranio di marmotta, punto o poco dissimile dalla marmotta delle Alpi, e un dente di mammouth tra Moncalieri e Carignano. Questi strati corrispondono probabilmente o al periodo dei terrazzi, o ai primordi dell'êra antropozoica.

1256. Al periodo glaciale appartiene finalmente, con molta probabilità, come abbiamo già accennato (§ 1043), la così detta *formazione aralo-caspiana* composta di argille sabbiose, molto sviluppate all'ingiro del Caspio e dell'Aral. Le conchiglie sono poche, e per la metà appartengono a specie viventi nel Caspio. Vi si rinvengono specie d'acqua dolce.

1257. I geologi svizzeri sembrano concordi nell'ammettere almeno due

periodi glaciali, sempre inteso però tra il pliocene o l'antropozoico. Il signor Heer raccoglie nell'opera già più volte citata [1] i fatti che proverebbero questo doppio periodo glaciale. Studiando la disposizione del terreno erratico si sarebbe posto in chiaro che gli antichi ghiacciai attinsero dapprima il loro massimo sviluppo, invadendo tutta la Svizzera tra le Alpi ed il Giura; si sarebbero quindi ritirati assai addentro nelle grandi vallate alpine, d'onde sarebbero usciti di nuovo, invadendo la Svizzera, ma arrestandosi assai prima d'aver raggiunta la linea primitiva di massimo avanzamento. Il ghiacciajo del Rodano p. es. scendendo dall'Alpi, riempita la vasta depressione entro la quale si sprofondano attualmente i laghi di Ginevra, e di Neuchatel, si sarebbe dapprima arrestato entro i primi contrafforti del Giura. Ritirossi dappoi, secondo Morlot, lasciando libero il lago di Ginevra, e arrestandosi nel Vallese superiore, donde discese di nuovo, accontentandosi però di occupare soltanto il bacino del lago.

1258. La pluralità, o almeno la duplicità dei periodi glaciali, sembrò ad Heer dimostrata eziandio dai depositi a *charbon feuilleté*. Abbiamo veduto infatti come a Unterwetzikon il terreno erratico si trova alla superficie, e s'incontra anche sotto le argille che servono di letto alle argille (§ 1225), e come a Mörschweil esso terreno erratico si trova a differenti livelli. In altri luoghi alternano col glaciale depositi alluvionali o lacustri. Il signor Heer si crede perciò autorizzato a presentare il seguente quadro dell'epoca quaternaria:

Pliocene.
Quaternario.
  Primo piano glaciale.
  Interglaciale (ciottoli rotolati e *charbons feuilletés*).
  Secondo piano glaciale.
  Postglaciale.
Formazione attuale.

1259. Quanto al primo ordine di fatti sui quali si appoggia la teoria della pluralità dei periodi glaciali, ammettendoli pure come dimostrati, non basterà il dire che, come i ghiacciai attuali oscillano continuamente e talora considerevolmente, così andarono soggetti gli antichi a grandiose oscillazioni? Quanto al secondo io sospetto che non si tratti di altro, se non di quello che noi abbiamo verificato a Pianico. È evidente colà, come abbiam detto (§ 1208), che, appena la Val Borlezza venne sbarrata dal ghiacciajo, il lago si arrestava contro la morena, sommergendone la base, per cui il terreno erratico veniva coperto dai sedimenti lacustri, o meglio

[1] *Le monde primitif de la Suisse.*

si mescolava ad essi. Ma gonfiandosi e dilatandosi il ghiacciajo ognor più, finì coll'occupare una parte dell'area tenuta dal lago, e il terreno erratico venne a rovesciarsi sul deposito lacustro, che aveva acquistato un immane spessore, e a ricoprirlo. Noi troviamo perciò a Pianico il terreno erratico sotto e sopra al lacustre, anzi a diversi livelli, entro lo stesso deposito lacustre, come a Unterwetzikon e a Mörschweil, senza che nulla ci obblighi ad ammettere grandi oscillazioni, e tanto meno diversi periodi glaciali.

1260. La figura 151 serve a dimostrare, in via teorica, come possono, durante un periodo di avanzamento, verificarsi quelle alternanze di terreno

Fig. 151. Alternanza di terreno glaciale e di terreno lacustre per semplice effetto dell'avanzamento di un ghiacciajo.

glaciale e di terreno lacustre (od anche fluviale se il lago non si forma), che possono essere prese come indizî di più periodi glaciali. Le curve segnano altrettanti periodi di progressivo rigonfiamento e di conseguente dilatazione di un ghiacciajo che sbarra una valle laterale. Posto che il nostro ghiacciajo sia in progresso per una certa serie d'anni; supponiamo che in un dato inverno (stagione di massimo avanzamento annuale) arrivi, rimontando la valle laterale, fino in A. Il lago, determinato dallo sbarramento, verrà a sommergere la morena laterale in A, demolendola o ricoprendola di sedimenti lacustri, i quali si distenderanno viemmaggiormente durante l'estate, quando il ghiacciajo temporaneamente si ritira di un tratto più o meno considerevole. Nel successivo inverno il ghiacciajo, in continuo progresso, non solo ritornerà fino al punto A, ma sarà capace di oltrepassarlo. Ma ciò non può fare, se non soverchiando il deposito glaciale o fluviale dell'anno precedente; per cui lo troveremo, per un supposto, al punto B. Il lago si alza in proporzione, demolisce e ricopre di sedimento la morena in B. L'anno seguente gli stessi fenomeni avranno luogo in un punto più avanzato C, e così di seguito. Supponiamo che, arrivato in D, succeda un periodo di regresso. Il terreno glaciale, disseminato mano mano dal ghiac-

ciajo in ritirata, verrà (come mostra la figura e come si verifica a Pianico, e nelle località dei *charbons feuilletés* della Svizzera e della Savoja) a ricoprire tutta la massa dei depositi lacustri, che si troveranno alternanti con depositi erratici. Ad una serie di oscillazioni annuali, in un breve periodo di progresso, sostituite una serie di oscillazioni secolari nella lunghissima epoca glaciale, e il fenomeno dell' alternanza dei due terreni potrà presentarsi su tali estensioni e a così vasta scala, che il geologo sia tentato ad ammettere diversi periodi glaciali. Io credo che sui due versanti si sia verificato precisamente ciò che abbiamo, in via teorica, supposto. Non c'è per questo nessuna ragione di stabilire diverse *epoche glaciali*. Tutt'al più sarà permesso al geologo di stabilire le diverse fasi dell'avanzamento e del regresso; avvertendo anche, che tali fasi possono ridursi anche soltanto ad accidenti locali, come si verifica pe' ghiacciai attuali.

CAPITOLO XXX.

EPOCA DEI TERRAZZI.

PERIODO SECONDO DELL'ÈRA NEOZOICA.

1261. All'epoca glaciale, carattorizzata dall'avanzamento di tutti i ghiacciai del globo ben oltre i loro limiti attuali, tenne dietro un'epoca, caratterizzata pur essa da due fenomeni, egualmente continentali, egualmente universali, e sono: 1.° Un ulteriore sollevamento degli attuali continenti; 2.° L'erosione dei detriti fluviali o glaciali, che durante l'epoca glaciale si distesero sulla superficie degli stessi continenti. Le coste, per effetto dell'azione del mare combinata con quella del sollevamento, presero la forma di terrazzi: ugualmente le masse detritiche, alluvionali o glaciali, rimasero terrazzate per l'azione erosiva delle correnti di terra. All'epoca postglaciale conviene adunque per ogni verso il nome di *epoca* o di *periodo dei terrazzi*, già acconsentitolo dagli autori. [1]

1262. Il primo fenomeno caratteristico dell'epoca doi terrazzi è un fatto già sancito, almeno per quanto riguarda l'Europa. Abbiamo già veduto infatti come le diverse terre europee erano ancora in parte sommerse durante l'epoca glaciale; come le coste attuali, formanti allora un littorale sottomarino, furono sottomesse all'azione erosiva dei ghiacciai che si spingevano in mare; come, col ritirarsi dei ghiacciai, sui fondi lisciati e striati si deposero sedimenti detritici con organismi marini; come finalmente un sollevamento delle coste portò quei letti marini a considerevoli altezze sul livello del mare. Questo sollevamento fu di 300 a 400 metri per l'Inghilterra, di 157 per la Scozia, di 180 per l'Irlanda e la Scandinavia (§ 1169-1174). Altrove, se il concorso dei fossili marini cogli indizî dell'azione glaciale non attesta immediatamente il sollevamento postglaciale, questo non rie-

[1] Veramente col nome di *periodo dei terrazzi* Dana ed i geologi in genere intesero unicamente di accennare quel periodo in cui si formarono i terrazzi alluvionali per l'erosione delle antiche alluvioni. Ma anche le coste marine furono nella stessa epoca terrazzate, per cui il nome di *epoca dei terrazzi* è doppiamente giustificato.

sce però meno certo, trattandosi pur sempre di depositi marini di data assai recente, caratterizzati altrimenti come glaciali e sollevati ugualmente a considerevoli altezze.

1263. La formazione posterziaria marina, così sviluppata in Sicilia e riconosciuta d'epoca glaciale (§ 1250), si trova ora sollevata fino a 900 metri sul livello del mare. Le sabbie subapennine, marine e glaciali anch'esse (§ 1252-1255), giungono per lo meno ad un'altezza di 300 a 400 metri. Un movimento d'ascensione dopo l'epoca glaciale hanno subito, forse senza uguale eccezione, tutte le regioni circummediterranee. Nelle mie *Note ad un corso di geologia* [1] ho discusso lungamente il fatto di un sollevamento molto recente dell'immensa regione del Sahara, per cui, di mare che esso era nell'epoca glaciale, divenne quella landa sterminata di sabbie, che funge al presente l'ufficio di primo braciere di irradiazione del globo, contribuendo certamente come causa principale al ritiro dei ghiacci entro i loro attuali recessi. Ma il mare sahariano non era che una porzione di quello sconfinato mediterraneo, di cui l'attuale è un residuo, e che nell'epoca glaciale ricopriva ancora una gran parte delle regioni interne dell'antico continente.

1264. Cominciamo infatti a dire che alle oscillazioni della Sicilia corrispondono quelle della Sardegna. Nelle vicinanze di Cagliari il fondo di un mare con numerose conchiglie viventi si mostra all'altezza sopra l'attuale livello marino di 70 a 90 metri. Gli antichissimi avanzi d'industria che vi si scoprono, secondo La Marmora, danno però a quel sollevamento una data più recente. Bisognerebbe vedere a quale altezza si trovino quegli avanzi, per distinguere la parte di sollevamento che, qui come altrove, spetta all'êra antropozoica, da quella che con tutta probabilità corrisponde all'epoca dei terrazzi.

1265. Il sollevamento, o piuttosto le oscillazioni della Candia, verificate da Sprati possono preludere ad ulteriori scoperte di oscillazioni delle terre più orientali del Mediterraneo, cui il complesso de' fatti rende estremamente probabili. Io credo per es. che la costituzione dei deserti della Libia sia tale da accertarci che l'oscillazione del Sahara risguarda tutta l'Africa media e settentrionale, in guisa che il mare africano si distendesse dapprima dalle coste attuali dell'Africa occidentale, tra le Canarie e il Capo Verde, fino ai grandi rilievi delle regioni del Nilo.

1266. Una vasta formazione marina interna vedemmo pur segnalata da Murchison e Verneuil sotto il nome di *formazione aralo-caspiana* (§ 1256), appunto perchè copre larghe estensioni attorno ai mari Caspio, d'Aral, di Azof ed alle coste settentrionali e occidentali del mar Nero. Consta di cal-

[1] Vol I, § 620-622.

cari che si elevano fino a più centinaja di metri sul livello del mare, e di sabbie. Le conchiglie marine fossili appartengono la maggior parte a specie viventi nel mar Caspio, e le estinte hanno tutta l'analogia colle specie viventi nei mari interiori dell'Asia. Il Caspio e l'Aral, il mar d'Azof e parte del mar Nero non sarebbero dunque che gli avanzi di un antico mare interiore, forse più vasto del Mediterraneo. Si sarebbe esso trovato in comunicazione diretta col Mediterraneo stesso, come lo sono ancora il mar Nero e il mar d'Azof, ovvero formava un mare assolutamente interno, come attualmente il Caspio e l'Aral? Si sa che il bacino aralo-caspiano è ancora in communicazione quasi diretta col mar d'Azof e col mar Nero per una specie d'immensa gola. Una bassura coperta di sabbia attesta, secondo Pallas, l'esistenza di uno stretto che stabiliva realmente una tale communicazione. I caratteri paleontologici della formazione aralo-caspiana sembrano a tutto diritto collocarla a fianco dei calcari di Palermo, dei *crag* recenti d'Inghilterra, ecc., infino del postpliocene, e per noi del glaciale.

1267. Comprendendo dunque sotto un sol punto di vista i fatti citati, io crederei che un gran mare interno esistesse durante l'epoca glaciale, non altro che il Mediterraneo, dilatato in tutti i sensi, in guisa da comprendere quasi tutta l'Africa settentrionale, parte delle coste europee, le sponde del mar Nero, del mare d'Azof e tutta l'immensa depressione aralo-caspiana. Vuolsi che all'epoca in cui gli elefanti, i rinoceronti e gli ippopotami vivevano in Europa, il Marocco fosse unito alla Spagna. In questo caso la communicazione del mare interno coll'Atlantico avrebbe potuto esistere tra le Canarie e il Capo Verde, e la causa che produsse il sollevamento delle coste mediterranee avrebbe potuto produrre la separazione tra il Marocco e la Spagna, aprendo lo stretto di Gibilterra. Ma ciò non sarebbe che un accessorio nella questione. Il principale si è che un generale sollevamento verificossi per gran parte dell'antico continente, stendendosi a tutta l'Europa, all'Africa settentrionale e all'Asia orientale. Il mare interno veniva perciò, posteriormente all'epoca glaciale, enormemente ridotto, diviso in bacini, rimanendone principale rappresentante il Mediterraneo. Allargando ancora di più il nostro orizzonte, noi veniamo presto a raccogliere tali fatti, i quali ci persuadono che il sollevamento postglaciale può dirsi veramente un fenomeno mondiale. Esso fu sancito dalle più recenti scoperte per le regioni circumpolari. L'Arcipelago artico non offre altro, si può dire, nelle regioni depresse, che vasti ossari; trattasi specialmente di avanzi di Mammouth, sicchè quelle pianure sono altrettante cave di avorio fossile. Al Mammouth si associano molte specie, o estinte, come il *Rhinoceros tichorhinus*, o ancora viventi, come il bue muschiato, il cavallo, il daino, il renna, il bisonte. Non staremo qui a discutere se quegli animali appar.

tengono, come io credo, all'epoca glaciale. Qualche cosa ne diremo più tardi. È intanto assai probabile che quegli ossarî rappresentino, come altri in Europa, degli estuari, portati a certa altezza sopra il livello del mare in epoca molto recente e certamente postglaciale. Parry scoperse uno scheletro enormo di balena franca a 100 piedi sul livello del mare, in fondo alla baja Ripulsa. Un osso della stessa specie fu scoperto a porto Kennedy, ad un'olevazione di 150 piedi. Nella stessa località, e nell'isola di Barring, conchiglie marine di specie tuttora viventi furono raccolte ad una elevazione di 500 piedi.

1268. Il fenomeno si ripete nell'America settentrionale. Nel Canadà, per esempio, i depositi receuti di conchiglie marine si scoprono a 580 metri sul livello del mare. I lidi marini e le conchiglie marine si elevano del resto a considerovoli altezze dovunque.

Esistono nel Long Island, presso Brooklyn, e sulle coste nella Nuova Inghilterra, ove hanno l'elevazione di un centinajo di piedi; ma sulle rive del lago Champlain sorgono a 393 piedi, e sulle rive del San Lorenzo fino a 400 e a 500 piedi, con fossili marini abbondanti, e proseguono fino al lago Ontario, ma senza fossili. Le acque del fiume dovevano impedire lo sviluppo della vita marina, in vicinanza delle foci che dovevano aprirsi appunto prima del sollevamento, in vicinanza del lago Ontario, mentre il lago Champlain era sommerso in alto mare. I lidi marini offrono un sistema ascendente da sud a nord, per cui, se nella Nuova York non arrivano che a 10 o 15 piedi di altezza, sorpassano i 30 nella Nuova Inghilterra, i 400 sul San Lorenzo, e arrivano fino a 1000 nelle regioni artiche. Il sollevamento continentale produsse dunque un pendio che si eleva da sud a nord. L'epoca in cui si formarono quelle masse conchifere, posteriormente sollevate, fu considerato da Hitchcock [1] come un periodo a sè; *periodo del Champlain*, posteriore al periodo del *drift* ossia al *periodo glaciale*.

1269. Ma io credo che il *periodo del Champlain* non sia altro che il periodo glaciale; e i depositi marini del Nord-America, altro non siano che una forma di terreno glaciale, come tutti i depositi marini che, a considerevoli altezze, si scoprono sulle coste settentrionali dell'Europa, in corrispondenza col terreno glaciale, colle roccie striate, lisciate, ecc. Le conchiglie del Champlain attestano un clima più freddo dell'attuale. Lo stesso Dana ci dice che quelle conchiglie sono le stesse specie che abitano attualmente le coste artiche. I nomi di quelle trovate a Banport e a Montreale (Canadà) accennano già per sè a un abitato ben più nordico: *Tellina Groenlandica*, *Natica id.*, *Scalaria id.*, *Cardium groenlandicum*, *Pecten Islandicus*, ecc.

[1] *Report of geology of Fermont.*

Infine tutte, salvo una, vivono, dice Dana, sulle coste del Labrador. Per venire dunque anche solo fino a Montreale, dovettero portarsi più gradi verso sud, il che è certo un segnale di un clima più rigido dell'attuale.

1270. Gli indizi del sollevamento post-glaciale si rivelano anche nell'America meridionale. In Patagonia, in fondo alla baja di San-Blas, si trovano conchiglie marine, appartenenti a una quindicina di specie viventi su quel littorale, sollevate a 10 metri sopra il livello del loro abitato attuale, a 4 chilometri dal mare. Esse conservano la loro stazione normale. Sette metri più in alto scorgesi l'antico lido. Una quantità di conchiglie, di specie che vivono attualmente ne' mari vicini, si incontrano nei dintorni di Avana, a Cuba, alla Guadalupa, e in molte altre località delle Antille. La stessa cosa si presenta ad Arica ed a Cobija, sulle coste del Grande Oceano. A Montevideo, proprio nella città, e al Cerro, si trovano fossili le conchiglie della costa marina dell' estuario della Plata. Tutti gli esempi citati sono riportati dal d'Orbigny, [1] e attestano un sollevamento assai recente, probabilmente dell'epoca attuale.

1271. Il terrazzamento delle coste, fenomeno che si presenta in un gran numero di località, è anch' esso un testimonio di sollevamento assai recente. L'azione dei flutti contro le coste rocciose, non protette da un delta o da una spiaggia, dà alle coste stesse la forma di pareti verticali, che piombano od anche strapiombano sul mare. Essa per sè non potrà tuttavia foggiarle a gradinata. Per ottener ciò bisogna che avvenga un sollevamento, sicchè la parete littorale si interni, e il lido emerso formi un piano al piede di quella parete. Il mare, scagliandosi contro di esso, si formerà una nuova sponda, in forma pur essa di verticale parete, e così avremo un primo gradino. Se si ripete il sollevamento, ne avremo un secondo, poi un terzo, e così via via. Le coste terrazzate, ossia a gradinata, indicano adunque sollevamento. [2] Le attuali coste, p. es. quelle della Morea, della Sicilia, della Calabria, lo sono frequentemente. Dissi che il terrazzamento delle coste indica un sollevamento abbastanza recente. Supponiamo infatti che, avendo una costa acquistato, a furia di sollevamenti, la forma d' una gradinata, dovesse aver luogo un periodo lunghissimo di sosta. Il mare, infuriando contro il più basso gradino, finirebbe a demolirlo. Demolito il primo, passerebbe al secondo, poi al terzo, finchè non rimanga che una grande parete, che sommi le altezze di tutti i gradini distrutti. Se la gradinata esiste, è se-

[1] *Cours élément. de paléont. et de géol. stratigraphiques*, II, pag. 830-840

[2] Del terrazzamento delle coste riparleremo più ampiamente, quando avremo a discorrere dei caratteri delle oscillazioni del globo (Vedi Vol. III., cap. XIV).

gno adunque che non corso troppo lungo tempo dall' ultimo sollevamento a noi. Del resto lo gradinato della Sicilia o della Calabria intaccano i torreni più recenti, e nominatamente quella potente formazione di calcaree marine, cho rappresonta a Palermo l'opoca glaciale, come abbiamo veduto; siechè il sollevamento si dovo ritenere come avvenuto indubbiamente in epoca postglaciale.

Esaminato il primo dei fenomeni caratteristici del periodo dei terrazzi, cioè il sollevamento postglaciale dei continenti e il conseguente terrazzamento delle coste, ci rimane l'analisi del secondo, cioè del terrazzamento dello grandi regioni alluvionali.

1272. Il fenomeno dei terrazzi alluvionali è fenomeno mondiale. Si verifica invero generalmente, cioè almeno per l'Europa, per l'America e per qualche parte dell'Africa, questo fatto, che i letti attuali dei fiumi non si trovano già al livello delle proprie alluvioni con quelle modalità che sono portate dal regime delle correnti, ma ad un livello di molto inferiore. Mi spiegherò meglio. Ammesso che le correnti sieno soggette ad un certo regime costante; che vi sia cioè un certo equilibrio tra le magre e le piene, e sia stabilita una media delle pioggie annuali approssimativamente costante; le correnti, ove cominciano le loro dejezioni, debbono rialzare il proprio letto, a meno che non siano, o naturalmente o artificialmente incanalate, in guisa che la piena spazzi ciò che la magra depone, e si stabilisca quella specie di *equilibrio mobile* di cui già parlammo.[1] Il rialzamento del letto e del piano alluvionale avviene, ad ogni modo, nelle pianure, nelle valli aperte, ove le dejezioni devono vincerla sulle erosioni, a meno che non si ricorra ad artificiali arginature.[2] Ne avviene di conseguenza che la corrente devo trovarsi continuamente a livello delle proprie dejezioni; anzi il suo alveo ne occuperà la parte più alta, come ho pure spiegato. Ciò invero si verifica pel Mississipì, pel Nilo, pel Gange, pel Po, per tutti i fiumi del mondo, nell'ultimo tronco a cui, più propriamente, si dà nome di *delta*. Ma se rimontiamo quelle grandi correnti, la cosa cambia totalmente d'aspetto. Ciò almeno si può asseriro dei fiumi d'Europa e dell'America settentrionale, mentre non possiedo che scarse notizie circa i fiumi dell'Asia e dell'America meridionale, ecc. Rimontando adunque le correnti, vedesi il fiume incassarsi, e il piano alluvionale stendersi ad un livello superiore, cui non si raggiunge che salendo un pendio, o più spesso un vero gradino tagliato nello stesso terreno alluvionale. Più si scende e più il fiume si tien basso e incassato,

[1] Volume primo, § 195.
[2] Volume primo § 1 8

e più il piano allnvionale si tien alto. Più non basta un gradino, ma ce ne vogliono due, tre, dieci, ovvero un gradino alto, tagliato a picco, ed equivalente a due, a tre, a dieci. Il fenomeno si dilata ai confluenti; anzi spesso si esagera in essi confluenti, i quali veggonsi così sovente incassati profondamente entro una massa alluvionale d'enorme spessore. Che più? talvolta, a quello che si direbbe piano alluvionale, sovrastano certi lembi di terreno puro alluvionale, ridotti più volte ad occupare alcuni seni angusti entro la valle, o a tenersi, in certa guisa, appiccicati alle rupi: ma anch'essi ad ogni modo mostrano come il piano alluvionale una volta giungeva fin là a 50, a 100 metri sopra il livello attuale del fiume.

1273. Il bacino del Po si può prendere come tipo di ciò che si direbbe *bacino idrografico terrazzato*. Partendo dalle sponde dell'Adriatico, e internandosi per circa 100 chilometri, secondo Zollikoffer, [1] il delta, ossia la pianura del Po, si rialza d'un tratto, e il fiume si trova incassato nel terreno alluvionale. Eccoci al primo terrazzo. Rimontando la corrente, il Po va sempre più infossandosi in rapporto alla pianura che invece si alza. Al primo terrazzo succede un secondo, al secondo un terzo, e così via via. La gran pianura padana non offre già un piano inclinato continuo, ma una immensa gradinata, ove ogni gradino è una vasta pianura. Si osservi p. es. quel tronco di Po che scorre dalle vicinanze di Pavia a Piacenza, e vedrassi come esso serpeggi quasi nel fondo di una conca, le cui sponde sono elevate a sistema irregolare di gradini. È magnifico, p. es., il terrazzo che per miglia e miglia fiancheggia il Po a sinistra, spiccandosi dalla collina di San Colombano, sovrastando alle bassure di Chignolo, finchè è interrotto dal Lambro, incassato egli pure fra due terrazzi.

Il sistema dei terrazzi del Po si complica senza misura e attinge il suo massimo di altezza nella regione dei confluenti, ove si divide in altrettanti sistemi speciali, quanti sono gli stessi confluenti. I profili delle ferrovie mettono in evidenza i particolari di questi sistemi. Il signor Mortillet presentò in proposito una Memoria alla *Società geologica di Francia*, con annessa una tavola dove sono delineati a scala proporzionale i terrazzi dell'Adda, del Serio, del Cherio, dell'Oglio ecc. Nelle figure 152-154 presento io pure alcuni profili dei nostri fiumi, persuaso che essi valgano meglio di ogni descrizione a dare al lettore un'idea del modo così uniforme e pur così vario del fenomeno. Difficilmente i terrazzi si corrispondono con certa simmetria di numero, d'estensione, di altezza sulle due sponde. Avremo p. es. una sponda tagliata a gradini regolari, che discendono dalla massima altezza del piano, fino al pelo della corrente. Sull'oppo-

[1] Zollikoffer, *Beitrage zur Geologie der Lombardie.*

sta sponda invece non potremo numerare che un solo gradino di un' altezza equivalente alla somma di quelli che si trovano sull'altra sponda. Talora i gradini sono assai bassi, accennati appena; talora sono altissimi, come quello della Stura presso Cuneo, che sovrasta di 65 metri al livello del fiume, e quello del Ticino a Tornavento, che ha un'altezza di 110 metri.[1] Come il gradino è talora assai basso, così può essere estremamente angusto; talvolta invece merita il nome di pianura per la sua vastità. Infine non v'ha sistema in cui, più che nel sistema dei terrazzi, domini l'accidentale.

1274. Come la regione del Po, così tutte, credo senza nessuna eccezione, sono terrazzate le regioni alluvionali del globo. Il signor Edward Hitchcock,[2] dopo aver descritto il maraviglioso sistema dei terrazzi dell'America settentrionale, e principalmente della gran valle del Connecticut, aggiungo tali osservazioni sullo diverso regioni d'Europa e sulle isole dell'arcipelago indiano, che bisogna veramente conchindere, il terrazzamento delle regioni alluvionali essere un fenomeno universale.

La formazione dei terrazzi alluvionali è veramente, come vogliamo considerarla, un fenomeno postglaciale? Nulla di più facile che il provarlo. Noi vogliamo anzi dimostrare come il terrazzamento dei terreni detritici superficiali, alluvionali o glaciali,

Fig. 152. Terrazzi dell'Adda a Cassano. *A* Stazione di Cassano. *B* Stazione di Treviglio.

[1] Zollikoffer, *Op. cit.*

[2] Edw. Hitchcock, *Illustrations of Surface Geology*, Washington, 1857.

ebbe princip'o precisamente allora, quando i ghiacciai, attinto il massimo grado di avanzamento, eretti i loro enormi anfiteatri allo sbocco delle

Fig 153. Terrazzi del Brembo a Ponte S. Pietro.

valli alpine, si battevano in ritirata, abbandonando ai fiumi il terreno che avevano invaso.

1275. Abbiamo or ora accennata la valle del Connecticut come forse la regione più classica pel fenomeno dei terrazzi. Internandoci in quella valle, ci presenta essa un tal genere di paesaggio, che riesce affatto nuovo e originale all'occhio di un Europeo. I colli, i monti, che fiancheggiano

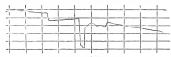



Fig. 154. Terrazzi dell'Oglio a Palazzolo.

la valle, mostransi tagliati a guisa di enormi gradinate, che corrono egualmente sui due fianchi continuano nei seni, si internano nei confluenti. Non è la roccia del monte che sia così foggiata, come è il caso già osservato delle gradinate degli anfiteatri della Sicilia; ma è puro detrito che la montagna riveste e in tal guisa la foggia.

I terrazzi hanno la forma di grandi cornici, appiccicate alla roccia del monte, che si trova scavando a poca profondità, o anche vi affiora talvolta, e constano di terreni mobili, cioè di argille, di sabbie, di ghiaje con ciottoli, ecc. Il numero di questi terrazzi è di due, di tre e fin di tredici. I più bassi sono anche i più regolari; constano di detrito argilloso, distintamente stratificato. Mano mano che ci alziamo, gli elementi ingrossano e la forma è meno nettamente accusata. Ad una certa altezza scopronsi sabbie grossolane, con ciottoli arrotondati. Per dare un' idea

della distribuzione e delle proporzioni di quei terrazzi accenniamo come nella valle del Connecticut si presentano essi già in riva al mare, uno all'altezza di 14 piedi sul livello del mare, l'altro a 119 piedi. Nell'interno della valle i terrazzi spesseggiano, e se il più basso è a 7 piedi sul pelo del fiume, il più alto è a 1667 piedi, cioè fino a 2073 piedi sul livello del mare. Sul Fort-River troviamo 9 veri terrazzi, di cui il più alto è a 383 piedi: seguono due *lidi*, l'uno a 921, l'altro a 1049 piedi di altezza.

Fig. 155. Terrazzi nella gola a Bellows Falls lungo il Connecticut.

1276. Hitchcock distingue col nome speciale di *lidi* i terrazzi più alti, quelli cioè che trovansi composti di detriti più grossolani e di ciottoli, sembrandogli di trovare della somiglianza tra quei terrazzi ciottolosi e certe spiaggie marine. Ma, notate bene, non vi accenna neppure una traccia di organismi marini, mentre pure nel Nord America abbondano i veri lidi marini, caratterizzati da fossili marini; indizio, come abbiam detto, di sollevamento postglaciale. Osserva però l'autore che, da quei superiori terrazzi in su, le montagne sono coperte di *drift*, ossia di terreno morenico (§ 1322), e che quei terrazzi constano di *drift rimestato*. Io credo si do-

vrà dire *drift terrazzato*, perciò che diremo in seguito. È certo però intanto che il terrazzamento è posteriore all'epoca del *drift*, cioè all'epoca glaciale, cominciando appunto col modificare (comunque si spieghi il fenomeno) lo stesso *drift*. Se noi vogliamo domandare in che sia consistita quella prima modificazione del *drift*, cominciamo ad escludere affatto l'idea di un rimestamento operato dal mare. Oltre che non vi si trovano organismi marini, come abbiamo detto, noi vediamo come il mare, fattore dei terrazzi superiori, sia poi rimasto estraneo alla formazione degli inferiori, che lo stesso Hitchcock ritiene alluvionali. La formazione di quei lidi marini superiori indicherebbe naturalmente un sollevamento, per cui il mare dovette successivamente abbassarsi entro il seno marino che si andava convertendo in valle. Ma in questo caso sarebbero rimasti tanti lidi marini, quanti furono i periodi di sollevamento, e, non solo i gradini superiori, ma tutta la gradinata da cima a fondo sarebbe composta di lidi.

1277. Io credo che le montagne terrazzate, le quali fiancheggiano la valle del Connecticut, se non sono anche in parte morene, sono ricoperte di detrito morenico, come quelle che si trovano sui fianchi, o allo sbocco delle nostre valli alpine, fino al livello ove giungeva l' apparato glaciale. Il terreno morenico, ossia il *drift*, ingombrava la valle principale o i confluenti, come nelle nostre Prealpi, fino ad una certa altezza. Furono i fiumi che spazzarono la maggior parte di quell' ingombro enorme, ed il residuo rimase terrazzato. A valle degli anfiteatri morenici poi sono le antiche alluvioni fluvio-glaciali che rimasero ugualmente erose e terrazzate. Il Connecticut e i suoi confluenti occupano ora il fondo dell' incavo da loro praticato con lungo lavoro in seno al terreno morenico od alle alluvioni fluvio-glaciali.

1278. Non ardirei così ragionare di fatti, che io non conosco altrimenti che per quanto ne fu scritto, se non trovassi nelle descrizioni e nei disegni di Hitchcock una chiara corrispondenza con quanto ho potuto io stesso osservare e studiare in Lombardia, la quale in alcuni luoghi, quanto al fenomeno dei terrazzi, ha ben poco da invidiare alla valle del Connecticut. Tra i disegni pubblicati dall'autore ho voluto riprodurre nella figura 155 quello che meglio concorda con quanto si osserva appunto in Lombardia, e precisamente alla estremità meridionale del lago d'Iseo, come or tosto vedremo. Osservando specialmente come si presenta alla sinistra il paesaggio delineato da Hitchcock (fig.155), vedesi dapprima il cocuzzolo della montagna che ha tutta la forma di un cumulo morenico, o almeno di un colle coperto di detrito morenico. Vedemmo infatti come il *drift* ricopra le vette di quelle montagne. Quel cocuzzolo sembra collocato sopra una base regolarissima, che ha la figura di una piattaforma. Alla prima base è sottoposta una se-

conda, in tutto uguale alla prima, ma più vasta: così di seguito, sicchè dalla base dell'informe cocuzzolo si scende, con regolare gradinata, fino al fiume. Supposto che tutta la montagna fosse composta di detrito morenico, o almeno ne fosse ricoperta, e supposto che il Connecticut scorresse un giorno alla base del più alto gradino, come ora scorre alla base del più basso, rodendo il detrito come fecero i fiumi in tutto il mondo, avrebbe egli stesso formato successivamente tutti i terrazzi (come pure han fatto tutti i fiumi del mondo), rodendo, ossia terrazzando il *drift*, cioè il *terreno glaciale*. La formazione dei terrazzi intercontinentali è dunque dovuta all'azione erosiva dei fiumi, e segna un periodo immediatamente postglaciale, in conformità di quanto ci eravamo proposti di dimostrare.

1279. Ho promesso di corroborare i miei ragionamenti coi fatti da me studiati in Lombardia, dai quali dovrebbe risultare che ai fiumi è dovuto il terrazzamento dei detriti intercontinentali, glaciali o alluvionali che essi siano, sicchè il fenomeno si compì affatto indipendentemente dall'azione erosiva del mare. Espongo a modo di proposizione, da provarsi quindi coi fatti alla mano, il processo del terrazzamento.

1280. I ghiacciai, giunti al loro massimo sviluppo, eressero allo sbocco delle grandi vallate alpine, ossia ai confini interni delle grandi pianure alluvionali, i loro anfiteatri morenici, sbarrando le valli, cioè riempiendo le depressioni tra montagna e montagna con enormi cumoli di detrito morenico. Le *porte* dei ghiacciai, da cui uscivano i torrenti glaciali, si trovavano non molto al disotto dei vertici delle morene frontali, come si osserva nei ghiacciai attuali. [1] Il rilievo morenico si continuava quindi immediatamente, come si osserva ora, col cono di dejezione fluvio-glaciale, e si univa con esso a formare una invincibile barriera contro l'irruzione del ghiacciajo. Quando i ghiacciai cominciarono a ritirarsi, sgombrando la valle, quella barriera rimase, e, arrestando le acque, converso la valle in lago. L'intaccatura della morena frontale, ove trovasi la *porta del ghiacciajo*, divenne l'emissario del lago, il quale trovossi così dapprima sul

[1] Chi ha osservato i ghiacciai alpini si ricorderà come generalmente la fronte del ghiacciajo sovrasti, quasi per tutta la sua altezza, alla morena frontale, o come la porta del ghiacciajo si schiuda alla base della fronte, o quindi non molto al disotto della sommità della morena. Si rivoggano per questo le figure 28, 30, 39 del *Volume* 1.°. Quando la morena frontale si alza, e diviene molto potente, anche il ghiacciajo, non potendola spostare, è costretto ad alzarsi. Ciò si osserva molto bene nel ghiacciajo di Macugnaga, imprigionato da secoli dalla sua morena colossale, la quale non fu rotta che da una irruzione torrenziale (*Volume* 1.°, § 436-437). Le morene degli antichi ghiacciai erano a mille doppi più potenti. Il ghiacciajo, non potendo spostarle per avanzarsi, doveva invece gonfiarsi, tentando di superare l'ostacolo. Così la sua fronte sovrastava continuamente alla morena, che si andava ingrossando, e il torrente glaciale sbucava quasi sul vertice della morena stessa.

vertice del cono di dejezione fluvio-glaciale, e poco al disotto dei vertici della morena frontale. Qui comincia (non domandiamo per ora il perchè) il lavoro d'erosione. La morena frontale è erosa al disotto de'suoi vertici, ed erosi in pari tempo sono il cono di dejezione e tutta la regione alluvionale formata quando il ghiacciajo esisteva. Il fiume si incassa sempre più, terrazzando a dritta e a sinistra. Delle morene non rimangono che i vertici intatti, e i fianchi rosi e terrazzati. I terrazzi morenici si continuano coi terrazzi fluvio-glaciali, e questi cogli alluvionali.

1281. Spero che questa teorica verrà rischiarata dai fatti che io raccolsi per dimostrarla. I più evidenti li troviamo ancora in dipendenza del *Sistema glaciale del lago d'Iseo*, di cui trovasi la carta in fine al volume. Al più bell'apparato glaciale, che sviluppasi a nord dell'emissario, si accorda il più bel sistema di terrazzi, che sviluppasi a sud dell'emissario stesso. L'uno e l'altro si trovano in tali rapporti che bisogna essere ciechi per non vedere come l'uno dipenda immediatamente dall'altro riguardo alla causa, e l'uno segua immediatamente l'altro riguardo al tempo. Rechiamo sommariamente i fatti già da noi osservati circa l'apparato glaciale ai confini meridionali del lago d'Iseo.

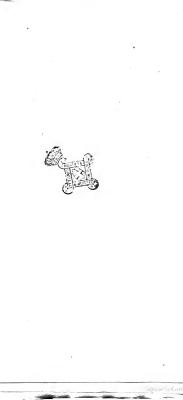
1282. Il lago d'Iseo è in quasi tutta la sua lunghezza da nord a sud fiancheggiato da alte montagne, solcate di tratto in tratto da valli e seni. Presso ad Iseo però, sulla sponda orientale, la catena che finora lo ha fiancheggiato, si ripiega, si tronca improvvisamente, o si apre un vasto piano torboso, a lievi ondulazioni, e nelle parti più depresso quasi a livello del lago. Ad ovest di esso piano il terreno si rileva di nuovo; s'erge un bel gruppo di colline roccioso, detto Colle d'Adro, il quale si tronca alla sua volta ad est, dando luogo ad un'altra vasta depressione, in fondo alla quale scorre, profondamente incassato, l'emissario del lago d'Iseo, il fiume Oglio. Sulla sponda occidentale, cioè sulla destra del fiume, sorge un'altra catena di colline rocciose, che, ripiegandosi a semicircolo, comprende dapprima diversi seni o valli, di cui le principali sono la Val-del-Foresto e la Val-Adrara; poi si continua colla catena che fiancheggia non interrotta la sponda occidentale del lago. In causa di tale disposizione orografica il ghiacciajo del lago di Iseo, di cui conosciamo già tanti particolari, disceso da Lovere a Iseo, doveva urtare contro il colle d'Adro, e quindi biforcarsi e spingere un ramo ad est, occupando la depressione ad est del Colle d'Adro, e un altro ramo ad ovest, occupando la depressione ad ovest di esso, cioè lo spazio assai vasto, ove attualmente è inciso il letto dell'Oglio.

1283. Necessità volle che si formassero due morene frontali, o meglio due sistemi di morene frontali, l'uno nella depressione ad est, l'altro nella depressione ad ovest del Colle d'Adro Ciò infatti avvenne. Sono già note

CLUSONE
La Selva
Pizzo Formico
Serio F.
Cerete
Borlezza
Oglio F.
Romana F.
Gandino
Leffe
Pianico
Castro
Lago Spinone
Valle Cavallina
Zone
Marone
Cherio F.
Entratico
Vigolo
Sale
Trescorre
Selva
Foresto
Adrara
Tavernola
Villongo
Sarnico
Lago d'Iseo
Solarolo
Montecchio
Credaro
Paratico
Iseo
Calepio
M. Iseo
Colle d'Adro
Capriolo
Tagliuno
Adro
Erbusco
Oglio F.
Colline della Francia Corta
Monte Orfano

Sistema glaciale del Lago d'Iseo.

Ghiacciai antichi — Alluvione fluvio-glaciale

Morene. — Laghi glaciali antichi

le moreno, inscritte nella carta del *Sistema glaciale del lago d'Iseo* col nome di *Colline della Francia Corta*, formanti la cerchia morenica, che parte dal pendio orientale del Colle d'Adro, limita con meraviglioso rilievo a semicerchio il piano depresso e torboso, e va ad appoggiarsi sul fianco delle montagne a sud d'Iseo. Nulla che meglio risponda all'ideale di una morena frontale, perfetta, ch'ebbe ben poco a soffrire dall'erosione, e donde non ebbevi mai nemmeno, a quanto pare, efflusso di torrente glaciale. Lo scolo del ghiacciajo, cercando la linea della massima depressione, la trovava naturalmente nel prolungamento della chiusa (chè *lago di chiusa* è il lago d'Iseo), e il torrente glaciale finiva da quel lato stesso e sulla stessa linea ora percorsa dall'emissario del lago. Qui adunque doveva il ghiacciajo erigere un altro anfiteatro morenico, un secondo sistema di morene frontali, non così regolare come quello del ramo orientale, perchè il suolo è molto meno libero, e troppo più accidentato, ma non meno completo ed evidente, come lo si vede infatti indicato nella carta suddetta. Eppure si diceva che da quel lato non vi fossero morene, e lo credetti anch'io; ma ciò è interamente falso. Le morene vi sono per bene. È bensì vero che l'apparato fluvio-glaciale, o prettamente fluviale, deve trovarsi sviluppatissimo da questo lato; e lo è tanto, che le morene quasi si nascondono all'occhio dell'osservatore, assorbito nella contemplazione di uno stupendo apparato di piani alluvionali, di terrazzi e di gradinate. Le morene ci sono, e ne abbiamo già indicato alcuno, quelle cioè che sbarrarono le valli del Foresto e di Adrara, convertendoli in laghi (§ 1203). Le morene ci sono, ed è precisamente il luogo ove studiarne i rapporti coi terrazzi. Ma la cerchia morenica frontale, già irregolare in origine, quindi in parte distrutta, e per la massima parte erosa e precisamente terrazzata, non si ricompone che sotto l'occhio di un osservatore molto attento.

1284. Immaginiamoci infatti che una gran barriera morenica, a guisa di muraglia, merlata in alto, come le morene attuali, di cumuli prominenti, sorga tra il Colle d'Adro e le montagne al di là dell'Oglio, sbarrando l'attuale emissario del lago d'Iseo. Il lago si alzerebbe, finchè l'emissario si trovasse all'altezza della barriera. Supposte le circostanze favorevoli alla erosione fluviale, supposto quindi che l'emissario divenisse capace di rodere la barriera, finchè abbia riguadagnato il livello attuale, comincierebbe a roderla ove la sommità di essa barriera è più depressa. Soltanto i cumuli più prominenti rimarrebbero intatti, conservando i caratteri di morena; ma tutta la morena sarebbe incisa, e quindi terrazzata, fino al livello attuale dell'emissario.

1285. Ammesso che ciò sia avvenuto di fatto, vi saranno dei cumuli morenici sovrastanti ai terrazzi, e disegnanti, quasi altrettanti capi stabili, la

cerchia dell'antica morena; il corpo stesso della morena, benchè terrazzata, cioè semplicemente rosa, conserverà la struttura, e tutti i caratteri del detrito glaciale, di cui è realmente composta. Si verificano esse queste condizioni?... Certamente.

1286. Anzi tutto l'antica cerchia morenica tra il Colle d'Adro e le montagne a nord del lago, è benissimo disegnata da una serie di morene o cumuli morenici, sovrastanti al più alto livello della erosione, ossia al più alto piano dei terrazzi. L'estrema porzione ovest è rappresentata dalla morena di Paratico. Paratico è infatti a cavaliero di una morena o porzione di morena che, appoggiata alle falde occidentali del Colle d'Adro, fiancheggiando il lago, si va rilevando, finchè attinge il massimo sopra il luogo detto San Pietro, ed è improvvisamente interrotta dall'emissario, l'Oglio, che le rode il piede alla profondità di circa 80 metri. La cerchia morenica si ripiglia al di là dell'emissario, formando il collo di Montecchio, il punto più elevato di essa cerchia morenica a sud, poichè Montecchio sovrasta all'Oglio di circa 90 metri. Prescindendo dai vasti terrazzi a cui sovrasta di molto Montecchio, la cerchia morenica andrebbe a compiersi a nord colle morene che sbarrano la Val-del-Foresto, e la Val-Adrara, e di cui ci siamo già intrattenuti (§ 1203).

1287. Come avrete compreso (cosa del resto facilissima quando si abbia sott'occhio la carta del *Sistema glaciale del lago d'Iseo*) la gran morena frontale del ramo occidentale del lago, o, se volete, del ghiacciajo d'Iseo, è rappresentata da certi punti culminanti, ove la morena è vergine ancora; mentre negli intervalli, assai più depressi tra quelle sommità, v'ebbe un lavoro posteriore di acque, che foggiarono terrazzi, e scavarono letti di torrenti e di fiumi. I punti difatti ove la morena è conservata nella sua verginità, ove sono sparsi i massi erratici, quasi vi fossero caduti ieri, sono i punti più rilevati. La morena di Paratico è a circa 70 metri sul livello del lago; quella di Montecchio a 80^{m}; quella di Adrara 90^{m} e più. I punti così elevati sono le vette di altrettanti colli, allungati a guisa di morene, che dominano la bassa regione circostante, gareggiando con alcune cime rocciose che lor sorgono a fianco. Un po' più basso la scena cambia interamente d'aspetto. Quando siamo ad un livello di circa 55 metri sopra il lago, riunendo coll'occhio diversi punti corrispondenti alla stessa elevazione, benchè l'uno dall'altro assai distanti, ci accorgiamo di trovarci sopra un primo terrazzo, di cui non restano che alcuni scarsi lembi, che si staccano dalle morene più elevate, o immediatamente dalle colline rocciose che incorniciano irregolarmente il bacino. Un lembo di questo primo terrazzo circonda, a foggia di balcone, il colle di Montecchio; sopra un altro lembo è edificato il grosso paese di Tagliuno, alla distanza di 4 o 5 chilometri a

sud di Montecchio, sulla destra dell' Oglio. Scendiamo ancora, e a circa 33 metri sopra il livello del lago, troviamo quanto di meglio può rispondere all' ideale d'un vasto terrazzo. È una vera piattaforma, sensibilmente livellata, dell' estensione di più miglia quadrate, chiusa tra le due catene di colline che muojono a nord di Capriolo e di Tagliuno, e che, partendo da questi limiti, si va a fondere colla pianura fino a Palazzolo, e più giù colla vasta pianura lombarda. L'Oglio partisce quell'immenso terrazzo in due, lasciandosi la massima parte a sinistra, sotto Capriolo, ed una minima a destra sotto Tagliuno; incassandovisi sempre più in guisa che, se tra Capriolo e Paratico sottostà al piano del terrazzo di forse 40 metri, a Palazzolo ha già raggiunto gli 80 m. Il grande terrazzo s' insinua ovunque verso nord, si distende nei seni di Solarolo, del Foresto, d'Adrara, correndo fino al piede delle morene che sbarrano quelle valli, forma i piani coltivati sopra Sarnico, e sfuma a nord-est di questo paese, ove le ignude rupi fiancheggiano il lago di Iseo. Credaro, Villungo, Capriolo sono edificati su questo terrazzo.

Fig. 156. Terrazzi dell'Oglio visti da Capriolo.

1288. Discendendo ora dal descritto terrazzo, che io chiamerò principale, s'ammira quanto di più vario può offrire un sistema di terrazzi. Tenete l'occhio sulla figura 156. Dirigendoci dalle falde occidentali del Colle d'Adro

tra Capriolo e Paratico, per giungere in linea retta all'Oglio, si attraversa il terrazzo nella sua maggior larghezza, e lo si trova ascendere con lentissimo pendio, come farebbero i contrafforti alluvionali di un fiume che scorre in libera pianura. La differenza di livello, tra le falde del collo a cui si appoggia il terrazzo e il ciglio del terrazzo stesso, è di circa 3 metri. Giunti al ciglio (esso forma la base del quadro nella figura 156) ci troviamo sotto i piedi una parete verticale di forse 40 metri, sicchè d'un salto potremmo slanciarci nell'Oglio. Qui dunque non esiste che un solo terrazzo (prescindendo dal primo, di cui non restano che i dispersi lembi). La cosa cammina ben diversamente sull'opposta sponda. Dalla cima di Montecchio, che ha la forma di morena, ed è designata precisamente sul margine destro del quadro nella figura 156, discendiamo, come ho detto, sopra un lembo del primo terrazzo, a circa 55 metri sopra il lago; da questo sul *terrazzo principale* (circa 33 metri sopra il lago e 40 sopra l'Oglio alla base meridionale del colle di Montecchio). Dal *terrazzo principale* si discende sopra un terzo gradino, poi sopra un quarto, e un quinto, finchè si arriva al fiume, che rode la parete verticale che abbiamo già osservata sulla sponda opposta. Un po' più a mezzodì, cioè sotto Caleppio, la scena è cambiata; il terrazzo unico si trova sulla sponda destra, la gradinata sulla sinistra. In un luogo e nell'altro il terrazzo unico, a parete verticale, corrisponde alla massima prominenza di una curva arditissima del fiume, e la gradinata alla massima rientranza della stessa curva; cioè in un luogo e nell'altro la parete unica corrisponde ad un punto di massima erosione, la gradinata al punto opposto.

1289. La figura 157 presenta sotto il più largo punto di vista il sistema de' terrazzi dell'Oglio. La veduta è presa dalla sommità del cumulo morenico di Montecchio, guardando a sud il corso dell'Oglio, fino a Palazzolo, come si suol dire, a volo d'uccello. Dalla sommità della morena, ov'è posta la macchietta, si discende tosto sul primo terrazzo, di cui non rimangono che scarsi lembi. Su tre di questi sorgono i villaggi di Tagliuno e Caleppio, che veggonsi nello sfondo, a' piè della montagna a destra. Sulla sinistra sorge il Colle d'Adro a cui si appoggia la morena di Paratico, di cui non si vede che il prolungamento verso Capriolo, ove, per dissotto al terreno morenico, esce l'arenaria cretacea. Il piano uniforme che occupa la maggior parte del quadro è quello del secondo terrazzo, che termina a sinistra in un alto gradino verticale, a piè del quale scorre l'Oglio. Esso gradino si cambia però sulla sinistra, quasi in faccia a Caleppio, in gradinata, composta di sei o sette gradini. Alla destra vedesi il confluente di Val-Adrara, egualmente incassato, gettarsi nell'Oglio. Affatto sullo sfondo vedesi la torre di Palazzolo, e quindi sfumare nel lontano orizzonte la pianura lombarda.

1290. Raccogliamo le idee. Voi avete, partendo dal pelo dell'Oglio, od una serie di gradini, o una parete verticale, che terminano l'una e l'altra alla stessa altezza di 33 metri (riferendoci approssimativamente al livello del lago), e vi trovate sopra un vasto altipiano. Sopra questo altipiano sorgono alcuni spicchi isolati di un terrazzo più alto (circa 55 metri), e sopra quegli spicchi di terrazzo si levano ancora dei colli allungati, tondeggianti, di pretta forma e struttura morenica, cho si levano fino a 60, 70, 80 metri. Quelle morene adunque si levano sopra i più alti terrazzi, che loro servono di piedestallo. Immaginate un cono, o meglio un cumulo posto sopra una base quadrata e poligonale, e avrete l'espressione di ciò che figurano quei resti della morena frontale, sovrastanti ai terrazzi. La figura 155, rappresentante i terrazzi del Connecticut, ve li esprime del resto benissimo. Si direbbe che quei cumuli morenici vennero a rovesciarsi sui terrazzi già esistenti. Ma tutt' altro: quei cumuli morenici non sono che le maggiori eminenze della cerchia morenica, risparmiate dal fiume, che ne terrazzava il resto. Quei terrazzi, all'emissario del lago d'Iseo, nello spazio cho dovette esser occupato dall'antica cerchia morenica, di cui rimangono ancora intatte le maggiori eminenze sotto forma di

Fig. 157. Terrazzi dell'Oglio visti da Montecchio.

cumuli morenici, non sono altro che le stesse morene, rôse, tagliate, foggiate in quella guisa dalle acque, assai dopo la loro formazione. E badate bene che io non parlo nemmeno di morene rimestate, le quali hanno almeno di commune coi terrazzi d'alluvione e colle alluvioni in genere, il carattere della stratificazione. No, sono morene, nè più nè meno, erose un tempo, come lo sono ancora continuamente in oggi. Osservate il prolungamento della morena di Paratico, che ha forma di terrazzo, osservate la morena che sbarra la Val-del-Forosto, osservate i magnifici o regolarissimi terrazzi sopra Sarnico; sviscerate lo stesso *terrazzo principale* sopra Credaro, e dovunque troverete che, prescindendo dalla forma esterna, posteriormente modificata, tutto è morenico, prettamente morenico: congerie caotica, grossi massi, ciottoli d'ogni forma, ciottoli e massi magnificamente lisciati e striati, nessuna distribuzione di materiali, nessuna traccia alluvionale.

1291. Rinvenendo ora sui fatti presentatici dal lago d'Iseo, lasciando da parte molti altri che vi concordano perfettamente, e pigliando quelli come espressione di ciò che avvenne ovunquo, li ridurremo a due soli complessivi. Notiamo 1.° un grande accumulamento di detrito, che riempì le valli ad un'altezza veramente meravigliosa: 2.° una grande erosione dello stesso detrito. Misurando l'altezza dell'accumulamento, quindi la profondità della erosione, concludiamo a due lunghi periodi successivi: lungo periodo di accumulamento; lungo periodo di erosione. Osservando la natura del detrito accumulato, troviamo che, fin dove sonvi indizi di morene, tutto il detrito è morenico, benchè non resti la forma esterna delle morene; a valle della zona delle morene, troviamo fino a Palazzolo, e ben più oltre, tutti i caratteri di un detrito fluvio glaciale, che si continua con vere alluvioni, le quali passano dai grossolani detriti dell'alta pianura lombarda, ai detriti sabbiosi della valle del Po, fino alle fanghiglie dei lidi dell'Adriatico. Una tale disposizione rimonta necessariamente fino all'epoca glaciale. Tutto quel cumulo immane di detrito glaciale, fluvio-glaciale e alluvionale, fu eroso posteriormente alla sua formazione, fino al punto ove l'erosione è accusata dai terrazzi. L'altezza dei terrazzi accenna il livello a cui trovaronsi successivamente le correnti che operaron l'erosione, a partire dalle loro sorgenti, che erano le *porte* degli antichi ghiacciai. Esse correnti non si trovarono mai all'altezza delle morene più elevate, ma invasero la cerchia morenica ad un'altezza considerevole. Nelle regioni dei laghi le correnti erosive erano gli emissari dei laghi stessi, che dovettero trovarsi ad un livello molto superiore, e che pel lago d'Iseo doveva essere di circa 55 metri sopra l'attuale livello del lago stesso. La cerchia morenica fu erosa dagli emissarî, che diedero alle basi delle morene forma di terrazzo, senza punto rimestarne gli elementi. Contemporaneamente veniva eroso il detrito fluvio-

glaciale, e il detrito alluvionale, che eransi già formati in quell'epoca. Durante il lunghissimo periodo di erosione dovettero formarsi nuove alluvioni, dovute alle erosioni delle antiche; ma sempre inferiormente ai terrazzi, già formati. Tutto il periodo dei terrazzi, cioè il periodo di erosione, è posteriore al periodo glaciale, cioè al periodo di accumulamento delle morene e delle alluvioni ora terrazzate.

1292. Resta ancora intatta la questione circa la causa che determinò la formazione de'terrazzi. Fu un aumento nella quantità delle acque, cioè un ringonfiamento delle correnti? Molto s'è scritto infatti sulle poderose inondazioni prodotte dallo squagliamento degli antichi ghiacciai, quasi il ritirarsi di quelle sterminate masse di ghiaccio, fosse stato affare di un giorno; quasi il solo motivo del ritiro de' ghiacciai potesse essere il caldo, o non anche il difetto d'alimento; quasi la massa d'acque, che esce da un ghiacciajo non fosse corrispondente alla mole del ghiacciajo, e non dovesse scemarsi col scemarsi di esso. Tutto invece concorda a farci credere che il periodo glaciale, fu piuttosto un periodo di umido, che un periodo di freddo; mentre il periodo della ritirata dei ghiacciai che coincide col periodo de'terrazzi, fu piuttosto relativamente un periodo di siccità che un periodo di caldo. Il periodo glaciale sarebbe stato dunque a preferenza un periodo di piena, e il periodo dei terrazzi un periodo di magra. Non è semplice opinione la mia, ch'io opponga all'opinione più ricevuta di grandi alluvioni nel periodo postglaciale. Ammesso, come è necessario d'ammettere, che i terrazzi più alti nelle regioni subalpine non siano che gli avanzi di alluvioni fluvio-glaciali, e precisamente dell'epoca glaciale, e supposto che posteriormente all'epoca glaciale siavi stato un incremento nella forza erosiva delle correnti; dovremmo trovare nelle alluvioni posteriori, cioè nelle alluvioni inferiori dei terrazzi, un aumento nella mole degli elementi che le costituiscono. Nulla di tutto ciò. Rimontate tutte le valli lombarde, e vedrete quanta potenza di detrito, quanto volume di elementi caratterizza i più alti terrazzi d'alluvione. Vedrete come l'alluvione più antica accusi una maggior potenza erosiva delle correnti.

1293. Un'altra ipotesi, adottata, pare, quasi universalmente, e da me pure sostenuta nelle mie *Note ad un Corso di geologia* è quella che ritiene i terrazzi conseguenza di quel sollevamento dei continenti, che abbiamo veduto essere fenomeno caratteristico del periodo dei terrazzi. A misura che un continente si alza, i fiumi devono abbassarsi, poichè, accresciuto il pendio dal sollevamento, è aumentata la velocità, quindi accresciuta la forza erosiva dei fiumi. Supponete p. es., che la valle del Po venisse sollevata oggi un centinajo di metri; le foci del Po troverebbonsi, per rapporto all'Adriatico, nelle condizioni di una cascata. Il Po, accresciuta così enormemente

la sua forza erosiva, inciderebbe il suo letto, finchè la sua foce non abbia raggiunto il livello dell'Adriatico, cioè non sia scavata entro l'alluvione alla profondità di 100 metri: più, serpeggiando vorticoso il fiume da diritta a sinistra e da sinistra a diritta (supponendolo naturalmente libero dalle artificiali arginature) roderebbe i suoi antichi depositi portandoli al mare, finchè dell'attuale pianura non rimangano che i lembi laterali, o protetti dalle forme orografiche, e preda serbata alle future erosioni. L'incassarsi del Po reagirebbe naturalmente sui confluenti, i quali dovrebbero infossarsi alla lor volta tra due terrazzi, per raggiungere il recipiente, e così via via finchè l'effetto sia giunto in seno alle Alpi, le cui valli si trovano infatti terrazzate fin nei più alti e interni recessi.

1294. In un eccellente lavoro, in cui c'è a desiderare soltanto pari la chiarezza della esposizione alla profondità e giustezza delle vedute, [1] il mio amico professore Taramelli combatte questa teoria. Non nega certamente che le alluvioni possano venir terrazzate nel modo suddetto. E invero se il delta del Po si sollevasse, esso delta verrebbe inciso dal fiume, che tenterebbe immediatamente a rimettersi ne'suoi primitivi rapporti col mare, e il delta rimarrebbe terrazzato. Non nega nemmeno che esistano di fatto dei terrazzi alluvionali, che hanno la loro ragione nel sollevamento; e l'hanno certamente quei terrazzi che terminano a valle con lidi marini sollevati. Ma che così si spieghi il fenomeno dei terrazzi nella sua universalità, e che, scendendo ai particolari, la teorica esposta spieghi p. es., i terrazzi del Po e de' suoi confluenti, questo è quello che il Taramelli nega recisamente e giustamente. Cercherò di esporre a mio modo gli argomenti che egli adduce, e di rendermi chiaro alla comune dei lettori, invitando però i geologi e gli idraulici a studiare la Memoria del Taramelli, come quella che può portare nuova luce nelle questioni che riguardano le vicissitudini delle epoche posterziarie, e la teorica dei fiumi.

1295. Prima obiezione alla teorica del sollevamento, applicata alla spiegazione dei terrazzi, è la mancanza di lidi marini, in concorso coi terrazzi di tante regioni alluvionali, nominatamente coi terrazzi del Po. I fiumi che mettono foce in mare sono già incanalati. Il sollevamento delle foci, accrescendo il pendio e quindi la forza erosiva delle correnti, non farebbe che produrre uno sprofondamento maggiore delle foci stesse, rendendo sempre più difficile l'erosione laterale, la quale unicamente potrebbe distruggere il lido marino che troverebbesi sollevato, e quindi sottratto all'azione del mare. Si può dunque stabilire, almeno per la generalità dei casi,

[1] T. Taramelli, *Dell'esistenza di un'alluvione postglaciale nel versante meridionale delle Alpi, in relazione coi bacini lacustri, o dell'origine dei terrazzi alluvionali* (Atti dell'Istituto Veneto, Vol. XVI, Ser. III, 1871).

che i terrazzi alluvionali, determinati dal sollevamento delle terre, devono terminare a valle con lidi marini. Ma l'esistenza di questi lidi è un fatto eccezionale, mentre l'esistenza dei terrazzi è un fatto generale. Dunque il sollevamento, se spiega alcune parzialità, non dà punto ragione della universalità del fenomeno.

1296. Una seconda obiezione sta in questo, che la formazione dei terrazzi non è conseguenza necessaria del sollevamento, non potendolo essere che allorquando si verifichino certe condizioni. Si osservi infatti che il sollevamento non può determinare un aumento dell'erosione fluviale, se non in quanto alteri il rapporto geometrico tra il fondo della corrente e il livello del mare, aumentando il pendio di quella, mentre questo rimane costante. Può questo essersi verificato dovunque? Foss' anche, si consideri che la differenza di rapporto nel senso espresso deve essere scemata o anche interamente elisa dalla dejezione alla foce. Supponiamo che la foce di un fiume si sollevi di un metro in un dato tempo. La corrente dovrebbe discendere, scavando il proprio letto per l'altezza di un metro, affine di ristabilire i suoi primitivi rapporti col mare. Se però nello stesso tempo la dejezione, che si arresta alla foce, potesse guadagnare la potenza di un metro, l'effetto sarebbe perfettamente eliso, alzandosi il letto della corrente per dejezione di quel tanto che dovrebbe abbassarsi per erosione. Non essendovi abbassamento alla foce esso non avrà luogo nemmeno nel tronco della corrente e nei confluenti: non si formeranno così nemmeno i terrazzi. L'erosione, quindi la formazione dei terrazzi, avrà luogo soltanto quando il sollevamento sia così rapido, che non lasci tempo alla dejezione di raggiungere quella potenza che ne compensi gli effetti. Ora ripugna il pensare che in tutto il globo si stabilissero tra il sollevamento e la dejezione i rapporti voluti dalla teorica, tanto più quando si consideri la lentezza dei sollevamenti da una parte o la rapidità dell'avanzamento del delta dall'altra, affermate dalla geologia, dalla storia e dall'esperienza.

1297. Una terza obiezione sta nel dovere ammettore un generale sollevamento, condizione necessaria nell'ipotesi della generalità del terrazzamento. Che un sollevamento pressochè universale abbia avuto luogo dopo il periodo glaciale, e che tale sollevamento sia un fenomeno evidentemente caratteristico del periodo dei terrazzi, è un fatto che noi abbiamo ampiamente dimostrato e che il professore Taramelli non vorrà certo negare. Tuttavia vi sono dei buoni argomenti per credere che questo sollevamento non si sia esteso alla Venezia, cioè a quella parte della regione alluvionale padana, che trovasi a oriente del lago di Garda. Si citano invece dei fatti, i quali proverebbero avere quella regione subìto un abbassamento. I ter-

razzi della Venezia non potrebbero dunque spiegarsi come effetto di un sollevamento.

Ci vuole adunque una causa che, senza escludere le altre, ove dalle parzialità del fenomeno siano richieste, spieghi il fenomeno stesso della formazione dei terrazzi alluvionali nella sua innegabile universalità. Il professore Gastaldi nella sua Memoria *Sulla riescavazione dei bacini lacustri per opera degli antichi ghiacciai,* sostiene che i terrazzi si formarono pel semplicissimo principio che *le acque di magra erodono le dejezioni di piena.* È questo il principio che il signor Taramelli adotta e sostiene.

1298. Cominciamo dai fatti più volgari, che certamente ciascun lettore deve avere osservato. Che cosa produce una piena straordinaria? Che cosa avviene, cioè, quando un torrente alpino in seguito ad eccessive pioggie, sbucando d'un tratto sull'aperto piano, esce dal proprio letto? Traboccando furioso e spandendosi lateralmente, e al tempo stesso abbandonando il detrito, che era capace di travolgere finchè trovavasi incanalato in seno ai monti, lascia, sullo spazio invaso, dei cumuli d'indole caotica, produce cioè degli interrimenti, talora di potenza meravigliosa, per cui tanto il letto del torrente, quanto il suolo all'intorno, subiscono un notevole rialzamento. Qui appare evidentemente come un periodo di piena, mentre accresce il valore dell'erosione a monte, aumenta quello della dejezione a valle. Un periodo di piena è adunque un periodo di esagerazione dei fenomeni torrenziali, tanto di quelli che riguardano l'erosione, come di quelli che si riportano alla dejezione. Cessato il parossismo della piena, noi vediamo il torrente rientrare nel proprio letto, od anche scavarsene un nuovo; il che vuol dire che noi vediamo il torrente incassarsi nelle proprie dejezioni, creando a destra e a sinistra un terrazzo. Ho osservato più volte il fenomeno come si verifica anche pei torrenti, i quali, in luogo di traboccare, non fanno che allargarsi entro un letto capace di contenere la piena. Quando la magra riduce il torrente sulla linea di maggior depressione, il letto abbandonato offre un vero sistema di terrazzi, piccoli, se volete microscopici, in confronto dei grandi terrazzi alluvionali, ma affatto simili ad essi nella disposizione e nella forma. Quei terrazzi segnano evidentemente altrettante sponde successive, notano quindi altrettanti periodi di regresso della corrente. Il fenomeno si ripete ad ogni alternarsi di piena e di magra. Ma se, dopo la piena traboccante, si perpetuasse la magra, o le piene fossero così scarse da non divenir traboccanti, il sistema dei terrazzi si conserverebbe.

Domandiamo ora come si verifichi temporaneamente e in piccolo un fenomeno così esattamente conforme a quanto ci presentano stabilmente

in grande le regioni alluvionali terrazzate? Domandiamo di più come la forma a terrazzi che è assunta talora di passaggio, tra una piena e l'altra, dalle attuali alluvioni, possa divenire una forma stabile, come si verifica appunto nelle alluvioni antiche.

1299. Non è esatto il dire, come si esprime il Taramelli, *che tutta la causa dell'incisione consiste nel raccogliersi delle acque di magra in un letto*. Ci sarebbe una petizione di principio; mentre il raccogliersi delle acque in un letto è già un incidere. Molto più felicemente invece si esprime, ove dice *che il terrazzamento si può considerare come un processo di cernita e di lavaggio*.

1300. Per intendere, analizziamo dapprima come avviene la dejezione nella piena. Noi sappiamo che la potenza erosiva di una corrente cresce o diminuisce, col crescere o col diminuire della velocità, e questa col crescere o col diminuire dell'altezza della colonna d'acqua semovente.[1] Sbucando all'aperto, la corrente si espande, l'acqua cioè si abbassa, e, perdendo la forza di esportare, depone. Possiamo dividere in tre categorie i materiali che la corrente è costretta a deporre in questa circostanza. Nella prima categoria porremo i materiali troppo pesanti, che la corrente non può nè travolgere in sospensione, nè trascinare sul fondo, durante la piena traboccante, e molto meno nella magra che succede alla piena. La seconda categoria si compone di quei materiali che potrebbero essere travolti in sospensione, o trascinati sul fondo dalla piena, ma vengono ad arrestarsi impigliati nei materiali della prima categoria, che loro improvvisano un ostacolo contro la forza erosiva della corrente. Comprendiamo nella terza categoria quei materiali, p. es. le sabbie più o meno grossolane, che possono essere tenuti in sospensione dalla piena incanalata, ma non possono che venire trascinati sul fondo dalla piena traboccante e dalla susseguente magra. Tutti i materiali compresi nelle tre categorie verranno abbandonati dalla piena traboccante, e creeranno quella dejezione, la cui indole più o meno caotica è esagerata nei così detti *coni di dejezione*,[2] i quali, lo ripeto, non sono che una esagerazione delle alluvioni formate dalle piene traboccanti. Questi materiali però potranno essere esportati o dalla magra, o dalle piene successive non traboccanti, o la loro esportazione sarà appunto la causa della creazione di un letto della corrente e del suo progressivo sprofondamento; sarà causa cioè che la corrente s' incassi, e la alluvione rimanga incisa e terrazzata. Per renderci ragione di questo processo, che può durare dei secoli, con mille alternanze di magre e di piene

[1] Volume primo, § 179.
[2] Volume primo, § 187.

non traboccanti, consideriamolo in tre momenti o fasi successive. Considoriamo cioè:

1.° L' incisione primitiva prodotta dalla piena traboccante che si raccoglie nel proprio letto.

2.° Lo sprofondamento dell' incisione, ossia del letto, durante la magra.

3.° Il sompro maggioro sprofondamento dell'iucisione stessa durante le piene non traboccanti.

1301. Il primo momento, cioè l'incisione di un letto dopo la piena traboccante, è appunto un fenomeno di *cernita* o di *lavaggio*. La corrento infatti, benchè indebolita dall' espansiono laterale e più ancora dalla magra sorvegnente, può tuttavia trascinaro sul fondo i materiali della terza categoria, tenuti prima in sospensione. Dovetto abbandonarli, cioè lasciarli cadere sul fondo, perdendo la facoltà di tenerli sospesi; ma non perdette quella di trascinarli sul piano inclinato cho lo servo di letto. Soltanto il nuovo lavoro sarà lento, e lungo assai, non potendo smuovere cho uno strato dopo l' altro, non potendo cioè rodero che la superficio di un cumulo, che può avere acquistato in poco d'ora molti metri di spessore. Allo stesso modo, e colla stessa legge di lentezza e di successione, la corrente andrà scavando quell' altro detrito (seconda categoria) che venne arrestato dai materiali di mole maggiore nella tumultuosa dejezione, e in questo appunto consiste più letteralmento la *cernita* intesa dal signor Taramelli. L'esportazione di una parte dei materiali costituenti il cumulo di dejezione produce naturalmente una diminuzione di massa, quindi un abbassamento della massa stessa, la quale potrà per mille accidenti, come si vede in pratica, determinarsi a preferenza sopra questa o quella linea, o come si direbbe, sopra l'una e sopra l'altra generatrice del cono di dejeziono. Appunto su questa linea si raccoglieranno le acque di magra, divenendo una linea di massima depressione, cioè un letto inciso nella alluvione. Il secondo momento, cioè lo sprofondamento del letto durante la magra, non è che la continuaziono del primo. L' esportazione dei materiali delle due categorie contemplate, una volta che la corrente si è raccolta sopra una data linea, continuerà su quella linea stessa, finchè duri un filo d' acqua e rimanga un granello che possa venir trascinato sul fondo.[1] Così il letto della corronto andrà sprofondandosi sempre più, non rimanendo in esso

[1] Tra i preziosi risultati degli studi eseguiti dall'*Istituto delle coste* sul Missisipi abbiamo anche questo, che non vi ha corrente così debole che non eserciti un'azione erosiva sul fondo composto di materiali incoerenti e leggeri, come sono le sabbie e le fanghiglie. Abbiamo veduto come a questa erosione si deva la formazione *della barra di foce*, la quale si trova allo sbocco anche dei fiumi, i quali, come il Missisipi, hanno un corso lentissimo (Volume 1°, 258).

che i materiali della prima categoria, superanti per ogni verso la potenza erosiva della magra.

1302. Ma ove avvenga una piena, la corrente, alzandosi nel proprio letto senza però traboccare, potrà facilmente, se il letto stesso è già considerevolmente profondo, acquistare la forza sufficiente di smuovere anche i materiali maggiori, rotolando sul fondo i ciottoli e i massi abbandonati dalla piena traboccante e rispettati dalla magra. I ciottoli rotolati si erodono rapidamente. Il prodotto di tale erosione è un' impalpabile fanghiglia, che vien rapidamente travolta dalla torbida. I ciottoli stessi erosi divengono più leggeri, e quindi più facilmente esportabili dalle piene od anche dalle magre successive. Veda il lettore per quante ragioni la piena incanalata diviene *erodente* e come rapidamente può essere da una tal piena sprofondato il letto della corrente. È vero che l'erosione della piena può essere più o meno compensata dalla nuova dejezione che la corrente trascina dalle regioni superiori nelle inferiori. È molto facile però che tale compenso sia insufficiente, od anche nullo. Sarà insufficiente, p. es., nel caso molto ordinario che una piena, incanalata a monte entro la viva roccia, venga a precipitarsi a valle attraverso le mobili alluvioni. Sarà anche nullo nel caso anch'esso non infrequente, che tra il tronco superiore e il tronco inferiore di una corrente in piena si frametta un lago. Sarà dunque insufficiente o nullo nei casi che si verificano precisamente nei rapporti tra le grandi correnti alpine e le grandi regioni alluvionali di tutto il globo. In questi casi è evidente che la forza erosiva si risolverà in uno sprofondamento molto attivo del letto o nulla più.

1303. Se una sola magra e una sola piena erodente, dopo una piena traboccante, possono produrre un considerevole sprofondamento del letto della corrente; lo stesso effetto, a scala proporzionalmente maggiore, sarà prodotto da un periodo di magre o di piene erodenti, che succedesse a un periodo di piene traboccanti. Supponiamo che una regione fosse soggetta ogni anno per un secolo ad una piena traboccante. Quale enorme cumulo di materiali alluvionali si eleverebbe su quella regione! Suppongasi ora un secolo di magre e di piene incanalate o erodenti. Quale profonda incisione non praticherebbero esse in seno a quella massa alluvionale!

1304. L'applicazione della teorica esposta, il lettore potrà farla facilmente da sè. Converrebbe soltanto provare che il periodo glaciale fu un periodo di piene traboccanti, o l'epoca dei terrazzi un periodo di magre e di piene erodenti. Noi abbiamo già detto che ormai presso i geologi prevale l'idea, l'epoca glaciale essere stata appunto un' epoca di maggiore umidità, quindi di maggiore abbondanza di acque e di nevi, e il periodo susseguente un periodo di relativa siccità. È un fatto questo

che i ghiacciai presero dapprima un enorme sviluppo, e diminuirono poi. Potrebbe darsi che tutto dipendesse dalla temperatura, alzatasi nell' epoca glaciale, abbassatasi nell'epoca dei terrazzi; ma può anche darsi che i ghiacciai siansi sviluppati per eccesso, e diminuiti per effetto di alimento. Siccome il geologo risale dall' effetto alla causa; la formazione dei terrazzi (fenomeno universale, che succedette all' epoca in cui i ghiacciai attinsero il massimo sviluppo) è la prova più convincente che le cose avvennero appunto così. Durante l' epoca glaciale il globo trovossi in tali condizioni che una quantità considerevolmente maggiore di vapori si mantenesse in circolazione nell'atmosfera. Conseguenza immediata doveva essere una maggiore concentrazione, una maggiore quantità di pioggie o di nevi. I ghiacciai ottennero quindi uno sviluppo proporzionatamente maggiore, e uno sviluppo parimenti maggiore i torrenti che sbucavano dai ghiacciai, od erano immediatamente generati dalle pioggie. I ghiacciai, scendendo fino allo sbocco delle vallate alpine e invadendo anche i limiti del libero piano o del mare, misero i torrenti nelle migliori condizioni perchè le loro piene fossero traboccanti. Quei torrenti, sbucando furiosi dalle porte dei ghiacciai o dalle gole alpine, carichi di fango e di detrito morenico che si accumulava sulle loro sorgenti, perdevano immediatamente la forza di esportare, e deponevano tumultuosamente nel fondo del mare o sul piano la loro rapina. Così durarono per secoli. Enormi *talus* alluvionali si formarono così allo sbocco degli antichi ghiacciai. Ma le condizioni del globo si modificano. Una minor quantità di vapori è trasportata in giro dall' atmosfera; decrescono le nevi e le pioggie, e si dimagrano i ghiacciai e i fiumi. Questi hanno maggior agio di scavarsi, col descritto processo, un letto capace di contenere le piene divenute più moderate. Di traboccanti che erano, le piene si son fatte erodenti, e i fiumi incidono profondamente, per secoli, le antiche dejezioni glaciali e alluvionali. Gli immensi *talus* di dejezione si trasformano allora in pianure terrazzate.

1305. Per l'applicazione al caso pratico, torna molto opportuno ciò che abbiamo detto circa le cause che possono rendere nullo il compenso che all'erosione prodotta dalla piena erodente nel tronco inferiore potesse venire dalla dejezione portatavi dal tronco superiore. Dicevamo che, per determinare tale nullità di compenso, basterebbe un lago che si estendesse tra il tronco superiore e l'inferiore. È questo appunto che si verifica per alcune delle principali valli alpine. I laghi lombardi, allo sparire dei ghiacciai che li occupavano, intercettarono ed intercettano, per rapporto alla erosione ed alla dejezione, ogni corrispondenza tra il tronco superiore e il tronco inferiore delle correnti. Il Ticino, l'Adda, l'Oglio, il Mincio,

divenuti emissari dei rispettivi laghi, non ebbero più che ad erodere gli antichi cumuli glaciali e alluvionali, senza interruzione, senza compenso. Osservi il lettore quanto siano sviluppati i terrazzi del Ticino, dell'Adda, dell'Oglio, da cui abbiamo tolto gli esempi più classici per ciò che riguarda il fenomeno. Intercettata la comunicazione tra i tronchi superiori e gli inferiori dei principali confluenti, anche il recipiente, cioè il Po, non poteva trovare un compenso proporzionato alle sue erosioni; e noi troviamo il Po profondamente incassato entro uno sviluppatissimo sistema di terrazzi. Son tutti argomenti che riducono a certezza la teorica esposta, la quale spiega la formazione dei terrazzi alluvionali, posteriormente all'epoca glaciale, come effetto di un lungo periodo di magre o di piene erodenti, succeduto ad un lungo periodo di piene traboccanti, per la considerevole diminuzione nella quantità dei vapori atmosferici, che ebbe per conseguenza l'impiccolimento dei ghiacciai e la diminuzione nella portata dei fiumi.

1306. Quanto si è detto finora serve unicamente a spiegare come, in seguito all'ultima fase di avanzamento dei ghiacciai, i fiumi acquistarono la facoltà di erodere le loro proprie dejezioni accumulate durante l'epoca glaciale, e dovettero quindi scavarsi un letto profondo entro le proprie alluvioni e dentro lo stesso detrito d'origine glaciale. Non avremmo però raccolto finora nessun argomento che ci spieghi il modo particolarissimo con cui avvenne l'incassamento delle correnti nei detriti glaciali o alluvionali; che ci spieghi insomma il *terrazzamento* delle morene e delle alluvioni. Perchè mai le sponde, mentre andavano acquistando di altezza a misura che i fiumi guadagnavano di profondità, le sponde, dico, venivano assumendo la forma di altrettante gradinate? Perchè poi esse gradinate dovettero presentare tanta varietà nel numero, nell'altezza, nella larghezza dei gradini; varietà che si verifica tanto se si consideri una sponda in confronto dell'altra, quanto se si paragoni un punto coll'altro sulla stessa sponda? In ciò che ha di fondamentale il fenomeno del terrazzamento dovremo cercarne le ragioni alla idraulica fluviale; e questa ci dirà che una corrente qualsiasi, una volta che acquisti, per una ragione qualunque, la facoltà di rodere il terreno mobile, cioè di smovere ed esportare gli elementi onde è composto, anche necessariamente terrazza. In quanto poi questo lavoro, sostanzialmente uniforme, sorte nel caso pratico con mille accidentali modificazioni, troverà le sue ragioni nei mille accidenti, che valgano a modificare l'azione delle diverse forze che ci sono impiegate.

1307. È noto come un fiume, che non sia arginato, e scorra perfettamente libero sopra un piano, ossia sopra una regione alluvionale, è soggetto a mutare continuamente il proprio corso. Anche prescindendo dai salti e dalle rotte, per cui il corso di un fiume può essere sensibilmente mutato

da un istante all'altro, si nota la tendenza di esso fiume a portarsi, in qualunque punto lo si osservi, alternatamente da destra a sinistra e da sinistra a destra. Se ciò non fosse reso noto dall'esperienza (oggi difficile e quasi impossibile pel fatto, che ormai non v' ha più nè fiume, nè torrente, nè ruscello, che non sia soggetto a un regime tutto artificiale) ce lo direbbero ugualmente assai chiaro il confronto tra la estensione delle alluvioni e quella del fiume che le ha depositate. Che cosa rappresenta un fiume, sia pure il Po, il Mississipi, in confronto della rispettiva regione alluvionale? Non altro che una linea serpeggiante, tracciata sopra un'immensa tela. Eppure l'alluvione, distesa su quella regione che si dilata per più centinaja di chilometri a destra o a sinistra del fiume, fu tutta deposta dal fiume stesso, e tutta immediatamente o a' suoi fianchi o alla sua foce. Ma il fiume non ha potuto contemporaneamente trovarsi dappertutto: non ha potuto contemporaneamente deporre quelle ghiaje, quelle sabbie che formano ora immediatamente le sue sponde, e quelle che si trovano supponiamo a 100 chilometri di distanza, tanto sulla destra, quanto sulla sinistra. Quel fiume dunque, che ora serpeggia sopra una data linea, dovetto trovarsi successivamente su tutte le linee che si possono tracciare su quella regione alluvionale, tanto a destra quanto a sinistra: e siccome quella regione alluvionale consta di strati sovrapposti, che si continuano ciascuno, tanto a destra quanto a sinistra, sopra tutta o almeno sopra una gran parte della stessa regione; ha dovuto alternare senza posa da destra a sinistra e da sinistra a destra, precisamente come fa la spola, da cui nasce la tela.

1308. Si può dimostrare con tutto il rigore matematico che ciò deve avvenire, tanto ove il fiume depone, alzando il suo letto, quanto ove erode, abbassandolo. Il caso nostro esige soltanto che noi dimostriamo la cosa per le correnti erodenti, che tali divennero tutte nel periodo postglaciale, come abbiamo dimostrato. Vogliamo dunque dimostrare: 1.° che un fiume durante un periodo di erosione, alterna necessariamente da una sponda all'altra; 2.° che lo stesso fiume, alternando, opera in modo che le sponde si foggiano a gradinata.

1309. Una corrente, che erode un terreno mobile, incoerente, deve dunque primieramente alternare da sinistra a destra e viceversa su tutti i punti della linea che percorre da monte a valle. Non ci perderemo a dimostrare come una corrente libera, cioè nè arginata, nè incassata entro la roccia soda, debba ben presto presentare una linea serpeggiante, cioè una serie di curve, che si alternano da sinistra a destra e viceversa. Partiamo dal fatto che tutte le correnti del mondo, le quali si trovano nelle accennate condizioni, discendono da monte a valle sopra una linea ser-

peggiante, avvicinandosi, mediante un sistema di curve alternanti, ora all'uno, ora all'altro lato della valle o della regione alluvionale.

1310. Abbiasi, come è espresso nella figura 158, una corrente che descrive, erodendo, la linea serpeggiante *abcdefg* sopra un piano alluvionale, di estensione indeterminata, di cui non consideriamo che una zona limitata dalle due rette *aa''* e *hh'*. Si intende, senza dimostrazione, che la massima erosione si verificherà sui punti *ceg* della tangente *aa''* e sui punti *bdf* della tangente *hh'*, come quelli che sono più direttamente investiti dalla corrente. Prendendo ora di mira soltanto il tronco *ab* della corrente, noi vediamo come in esso la corrente tenda a spostare il punto *b*

Fig. 158. Teorica delle oscillazioni delle correnti erodenti.

nel proprio senso, cioè come essa tenda ad avanzarsi, erodendo nella direzione dell'indice *i*. Ma nel punto *b* essa prova, da parte del terreno, una resistenza che la respinge nel verso dell'indice *j*. Essa non potrà quindi avanzarsi altrimenti che seguendo una risultante, la quale, supposte pari la potenza e la resistenza, sarà la diagonale fra i due indici *i j*, cioè la tangente *hh'*. Trasportandosi in questo senso il punto di massima erosione, verrà un tempo in cui il punto *b* si troverà in *b'*. Applicando lo stesso ragionamento a tutti i punti del tronco *a b*, mentre su tutti i punti si verifica l'erosione, ci risulta che essi punti, seguendo altrettante parallele alla linea *h h'*, verranno a trovarsi sulla linea punteggiata *a' b'*; ci risulta cioè che il tronco *a b* si sarà trasportato sulla linea *a' b'*. Ripetendo ora lo stesso ragionare sui punti *cdef*, che si trovano nelle condizioni del punto *b*, e sui tronchi che vi corrispondono; troveremo che tutti contemporaneamente si saranno trasportati in ugual modo da monte a valle, in guisa che il punto *c* riesca in *c'*, il punto *d* in *d'*, il punto *e* in *e'* e il punto *f* in *f'*; sicchè effettivamente tutta la corrente si sarà trasportata, sempre erodendo, da monte a valle, mantenendo la stessa figura, ma in guisa che alla linea serpeggiante *abcdef* troviamo sostituita la linea serpeggiante punteggiata *a'b'c'd'e'f'*.

Che cosa è dunque avvenuto? Questo fatto semplicissimo, che la cor-

rente ha mutato di fianco lungo tutto il suo corso, e dove si trovava alla sinistra si trova ora alla destra, e dove si trovava alla destra si trova ora alla sinistra. Sulla sezione trasversale ba' p. es., la corrente, dal punto b posto sulla sinistra della zona alluvionale aa'' hh', è passata nel punto a' posto sulla destra della stessa zona: sulla sezione $b'c$, dal punto c a destra, è passata nel punto b' a sinistra, e così via via. Continuando il processo d'erosione, e quindi lo spostamento da monte a valle della linea della corrente, verrà un momento in cui la linea punteggiata $a'b'$ ecc. coinciderà colla linea ab ecc., per cui la corrente, che era giunta sulla destra al punto a', si troverà una seconda volta sulla sinistra nel punto b', e così di tutti gli altri punti, per cui un'altra volta la corrente avrà mutato di fianco lungo tutto il suo corso. Per chi ha bene inteso resta dunque dimostrato che una corrente, entrata in un periodo di erosione, deve continuamente oscillare, cioè continuamente eseguire un movimento alterno da destra a sinistra e da sinistra a destra.[1]

1311. Questo alternare della corrente in un periodo di erosione, durante il quale essa devo continuamente incassarsi, non può avvenire che mediante l'esportazione di tutto il materiale compreso nella zona di oscillazione, cioè tra le parallelle aa'' hh' fino a quella profondità dove si trova effettivamente la corrente al termine di quel periodo di erosione. Infatti si vede benissimo, guardando la figura 158, come il tronco ab non può trovarsi sulla linea $a'b'$ se non a patto di esportare tutto il materiale compreso nello spazio romboidale aa' bb'. Dicasi lo stesso degli altri tronchi; per cui risulta uno scavo, corrispondente in larghezza alla larghezza

[1] Questa, che potrebbe chiamarsi *legge delle oscillazioni delle correnti erodenti*, è riconoscinta da Elia Lombardini. Nella sua *Guida allo studio della idrologia fluviale* (Milano 1870 pag. 12 a 13), dopo aver detto che una corrente, *portandosi a investire una delle sponde, tende a disporla in una figura concava*, il che vuol dire che tende ad avanzarsi lateralmente, nella direzione di ciascun tronco che corre fra due angoli opposti di curvatura, aggiungo: « A misura che va maggiormente internandosi la corrosione in una sponda, cresce » di solito l'azione della corrente contro la parte inferiore della concavità, ed allora la » corrosione stessa tende a discendere e portare in altri punti inferiori anche il suo movi» mento trasversale.... L'osservazione fatta nel corso di presso che due secoli dimostra » che, partendo da Cremona, nel periodo di circa 30 anni una data corrosione del Po passa » al posto dell'inferiore presso la medesima sponda con un movimento di discesa di circa 6 » chilometri. » Benchè non ne chiarisca la legge, il fatto è esposto dal signor Lombardini precisamente come è da me dimostrato. Nell'esempio del Po sotto Cremona, riferendoci alla figura 158, la corrosione nel punto b passerebbe al posto dell'inferiore presso la medesima sponda, nel punto d, nel periodo di 30 anni. Ma per passare dal punto b al punto d dovrebbe trovarsi, dopo 15 anni, nel punto b'; il che vuol dire che sulla sezione $b'c$, la corrente, che si troverà nel punto c al principio del trentennio, è passata al punto b' dopo 15 anni. È in questo senso che io dico che una corrente erodente oscilla da un lato all'altro della valle o della zona erodibile.

della zona $a a'' h h'$, e in profondità alla profondità che ha guadagnato la corrente in quel periodo di erosione, il cui valore si lascia indeterminato.

1312. Questo avverrebbe realmente nel caso che il valore delle oscillazioni dovesse sempre corrispondere (come si è supposto nella dimostrazione) alla distanza delle due parallelle $a a'' h h'$. Ma ciò esigerebbe una tale costanza, un tale equilibrio, fra le diverse forze agenti o reagenti, che non è supponibile nemmeno un istante dove la potenza è rappresentata dalla corrente, soggetta a continue mutazioni, e la resistenza dal terreno alluvionale di natura così varia, così inomogenea. Le oscillazioni della corrente avranno dunque un valore estremamente variabile. Se prevale la forza della corrente, l'erosione laterale sarà maggiore, quindi maggiore la larghezza delle oscillazioni: se invece prevale la resistenza, o perchè il terreno si rende più sodo, o perchè la corrente si indebolisce, sarà minore l'erosione laterale, quindi l'oscillazione più stretta.[1]

1313. Supponiamo che sul tronco $a b$ succeda un aumento di massa, quindi di velocità e di potenza erosiva. La corrente, investendo più vivamente la sponda nel punto b, si avanzerà maggiormente verso il punto i. I tronchi inferiori bc cd de ecc. a cui naturalmente si communica lo stesso aumento di forza erosiva, tenderanno ciascuno a prolungarsi ugualmente nel verso dei rispettivi indici k m p ecc., e la zona di oscillazione $a a''$ $h h'$ potrà essere sostituita dalla zona s t u v. Se invece l'aumento succede nella resistenza, la corrente sarà più presto respinta, e la zona d'oscillazione diverrà più stretta. Se poi l'aumento della resistenza, e quindi la diminuzione della potenza erosiva, saranno progressivi, sarà diminuita progressivamente la larghezza della zona di oscillazione, cioè di erosione della corrente.

1314. Tutto ben considerato noi troveremo che, in regola generale, una corrente, una volta entrata in un periodo di erosione, deve appunto subire la supposta progressiva diminuzione della forza erosiva, e quindi trovarsi costretta ad agire entro una zona di erosione sempre più angusta. Supposto infatti che la corrente si vada incassando entro il terreno alluvionale, per questo semplice fatto verrà ad aumentarsi progressivamente il valore della resistenza, e ciò per due ragioni.

1.° Perchè colla profondità cresce la durezza del terreno, per effetto della maggiore compressione;

2.° Perchè, mano mano che la corrente si sprofonda, aumenta la

---

1 Il signor Elia Lombardini, nell'opera citata (pag. 12) esprime anche questo fatto dicendo: che la curvatura laterale *diviene tanto più risentita quanto maggiore è la violenza della corrente, e quanto minore è la resistenza del terreno che forma la sponda.*

quantità di materiale che la corrente deve esportare, per avanzarsi lateralmente di una stessa quantità.

1315. Si può dunque stabilire il seguente assioma: — Durante un periodo di erosione la larghezza delle oscillazioni di una corrente diminuisce in ragione della profondità che la corrente stessa raggiunge entro il terreno eroso. — Applicando questo principio, che mi sembra sufficientemente dimostrato, il fenomeno del terrazzamento si mostra altrettanto ovvio quanto necessario.

1316. Abbiasi nella figura 159 la sezione trasversale di una valle riempita di alluvione. La linea *ab* rappresenta il piano alluvionale percorso da una

Fig. 159. Teorica della formazione dei terrazzi.

corrente che entra in un periodo di erosione e il cui alveo è attualmente in *a*. Per la *legge delle oscillazioni delle correnti erodenti* la corrente, dal lato sinistro della valle dove ora si trova, tende a portarsi sulla destra, cioè verso il punto *b*. Mentre però si diparte dalla sponda *a*, per volgersi verso la sponda *b*, trovandosi in un periodo di erosione, deve anche incidere il proprio letto, cioè sprofondarsi entro l'alluvione, inferiormente al piano *ab*. Non potrà quindi giungere alla sponda *b* se non per una linea *ac*, obliqua alla linea *ab*, esportando tutto il materiale compreso fra le due linee suddette. Ma per l'altra *legge* pur dimostrata *del progressivo restringimento della zona di oscillazione*, la corrente dovrà arrestarsi in un punto *c*, creando così il primo terrazzo a destra N.° 1. Dal punto *c*, sempre per la legge delle oscillazioni, dovrà la corrente ritornare verso la sinistra, cioè verso il punto *a*, seguendo la linea inclinata *cd*, e arrestandosi per la legge del progressivo restringimento, in un punto *d*, dove avrà creato il primo terrazzo a sinistra N° 1', il quale avrà necessariamente una altezza assoluta maggiore di quella del primo terrazzo a destra N.° 1. Così, sempre alternando da sinistra a destra e da destra a sinistra, sprofondan-

dandosi sempre, e sempre accorciando le proprie oscillazioni, la corrente passerà da *d* in *e*, da *e* in *f*, da *f* in *g*, da *g* in *h*, da *h* in *i*, da *i* in *j*, dove si vede ora la corrente. Così avrà creato alternatamente a destra i terrazzi 2, 3, 4; a sinistra i terrazzi 2′, 3′, 4′.

1317. Quando il processo abbia luogo in un modo affatto normale, si verificheranno i seguenti tre fatti:

1.° I terrazzi si corrisponderanno in numero pari sulle due sponde della corrente, non contando il più basso, quando la somma dei terrazzi delle due sponde non sia divisibile per 2. [1]

2.° I due primi terrazzi, destro e sinistro, si corrisponderanno approssimativamente allo stesso livello, come quelli il cui piano rappresenta un residuo del primitivo piano alluvionale, antecedente al periodo di erosione.

3.° Prescindendo dai due primi terrazzi, destro o sinistro, e cominciando a contare a destra o a sinistra, secondo che a destra o a sinistra si presenta quello dei primi due terrazzi che ha minore altezza assoluta, i terrazzi, lungi dal corrispondersi (come generalmente si crede) al medesimo livello sulle due sponde, si alternano da destra a sinistra, o viceversa, sempre a un livello più basso.

1318. Nel processo dimostrato, che esprime il modo normale del terrazzamento, restano indeterminate la larghezza delle singole oscillazioni, e, per ogni singola oscillazione, la profondità dell'erosione, l'altezza, la larghezza e il numero definitivo dei terrazzi. Tutti questi elementi non possono determinarsi nella teorica, dipendendo il loro valore da condizioni tanto variabili, come sono la durata del processo, la potenza della corrente, l'alternanza delle magre e delle piene, la durezza del suolo e il volume de' suoi componenti nei diversi punti e a diverse profondità. Per ciò, anche supposto affatto normale il terrazzamento di un terreno alluvionale, esso terrazzamento dovrà presentare infinite varietà, sia che si confrontino le diverse correnti fra loro, sia che si guardi ai diversi punti della stessa corrente. Tali varietà tuttavia rifletteranno unicamente la larghezza, l'altezza, il numero assoluto dei terrazzi, non mai il numero relativo di essi, e il loro rapporto generale di livello che abbiamo stabilito. Se il processo è normale, avremo sempre un numero pari di terrazzi sulle due sponde, e i terrazzi omonimi si corrisponderanno fra loro a zig-zag, come nella figura 159.

1319. Tra le sezioni delle valli terrazzate, delineate con molto studio di precisione da Hitchcock, [2] ne trovo una, ove il processo del terrazza-

[1] Siccome i terrazzi si fanno uno per volta, alternatamente sulle due sponde; la somma ne risulterà alternatamente pari e dispari.
[2] *Illustrations of surface geology*, Washington, 1857.

mento si verifica così conforme alla regola stabilita, che avrei potuto sostituirla alla figura teorica da me delineata. È la sezione attraverso la valle del Deerfield, che io qui ricopio (fig. 160) a illustrazione e conferma della teorica esposta, aggiungendovi soltanto la linea punteggiata a zig-zag, delineata secondo la teorica stessa.

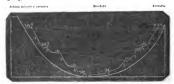



Fig. 160. Sezione attraverso la valle del Deerfield.

Partendo dal punto *a*, cioè dalla sommità del primo terrazzo a est, si contano 11 terrazzi, 5 a ovest e 6 a est, alternantisi da una sponda all'altra, con una elevazione sul pelo del fiume sempre minore. Le altezze sul pelo dell'acqua sono misurate in piedi inglesi, e presentano la seguente progressione: 407. 407? 235. 235? 196. 183. 122. 64. 33. 20. 10. Questa progressione, confrontata colla regola, non presenta che due eccezioni, essendochè ai due primi terrazzi a ovest è assegnata un' altezza uguale a quella dei due primi terrazzi a est, mentre, secondo la regola, dovrebbero quelli riuscire rispettivamente a un' altezza minore di questi. Ma si badi che i punti interrogativi, affissi alle cifre che esprimono l' altezza dei due primi terrazzi a ovest, furonvi posti dall'Autore, il quale avverte di averli misurati a occhio, sicchè, come dice espressamente egli stesso, misurandoli effettivamente, potrebbero offrire delle differenze d' altezza considerevoli. [1] Io non dubito punto che, se verranno misurati effettivamente, i due terrazzi a ovest saranno trovati più bassi dei due a est, come lo sono tutti gli altri terrazzi a ovest in confronto ciascuno del corrispondente terrazzo ad est.

1320. Può darsi però anche che la regolarità del processo sia sturbata in guisa, che il sistema dei terrazzi di una valle presenti, non solo infinite

[1] *Op. cit.* pag. 19.

varietà di larghezza, di altezza, di uumero assoluto, ma anche di numero relativo, fino al punto, p. es., che da un lato si contino dieci terrazzi, dall'altro uno. Anzi le cause, che possono disturbare fino a questo punto il processo normale del terrazzamonto, sono tali e tante, che nella pratica la regola diventa eccezione, ed eccezione la regola. Se però si ragiona e si osserva, si riesce a stabilire in questi casi una nuova regola, espressa nel seguente assioma: — Quando i terrazzi non si corrispondono a uno a uno sulle due sponde, i terrazzi in numero minore hanno un' altezza pari alla somma delle altezze dei terrazzi corrispondenti in numero maggiore, partendo dal livello, ove la dissimetria si verifica. —

Suppouiamo che, misurando da un certo livello, cioè dal terrazzo, che trova il suo corrispondente sull' altro lato secondo la regola, ci siano dieci terrazzi da un lato, e tre, due, od anche uno solo dall'altro lato. L'altezza dei tre, dei due, dell'uno solo, corrisponderà alla somma delle altezze dei dieci, salva la differenza portata dalla obliquità delle linee che legano, secondo la teorica, i terrazzi, che si corrispondono superiormente o inferiormente a quella porzione dei lati della valle, dove si verifica la dissimetria.

Tutto l' effetto delle cause perturbatrici si riduce in fine a far scomparire per erosione uno o più terrazzi sui lati della corrente. Se si riesce a ristorarli idealmente, si vedrà rinascere il terrazzamento, secondo il processo normale, e sparire ogni eccezione. Per operare una tale ristorazione, almeno approssimativamente, basterà applicare la regola del terrazzamento regolare, creando cioè sul lato mancante tanti terrazzi, quanti se ne contano sull' altro lato, dando ai terrazzi che si creano un'altezza tale, che si corrispondano a zig-zag cogli altri realmente esistenti, sempre a seconda della teorica fondamentale.

Ricorro anche qui per tutta dimostrazione a un esempio pratico, scegliendolo ancora fra le sezioni di Hitchcock, quello che si vede ricopiato nella figura 161 coll' aggiunta della linea punteggiata in corrispondenza di ciò che si vuole dimostrare.

1321. Partendo dal punto *a* la corrente doveva creare sulla sinistra il terrazzo N.° 1, che più non esiste, e i terrazzi N.° 2, 3, 4 che esistono realmente. A destra doveva creare i terrazzi corrispondenti N.° 1, 2, 3, 4, dei quali non esiste realmente che il N.° 1, la cui altezza è accresciuta della altezza dei terrazzi N.° 2, 3, 4 scomparsi. Come si spiega la cosa? Io dico che la corrente, quando trovossi a destra nel punto *a*, portandosi verso la sinistra, si spinse talmente contro la roccia, che demolì interamente, o quasi interamente, il terrazzo N.° 1, la cui base avrà avuto certamente un' elevazione maggiore della base del terrazzo N.° 1, che poi

formossi a destra. Così non rimase nessuna traccia sulla sinistra del primitivo altipiano alluvionale, restando in suo luogo l' ignuda roccia, come è indicato da Hitchcock. Creato il il terrazzo N.° 1 a destra, la corrente passò a creare, a un livello inferiore, secondo la regola, il terrazzo N.° 2 a sinistra. Il terrazzamento proseguì del resto regolarmente, come indica

Fig. 161. Sezione della valle del Connecticut presso lo sbocco delle valli di Col de Saxon. (Dintorni del villaggio di Bellows Fall.)

la linea a zig-zag punteggiata: ma quando la corrente giunse sulla destra all'altezza di 94 piedi sull'attuale suo livello, dove aveva creato il terrazzo N.° 4, una causa qualunque (supponiamo, una piena straordinaria) ne attirò maggiormente, o ne prolungò l'azione erosiva sullo stesso lato, sicchè scomparvero il terrazzo N.° 4 dapprima, il N.° 3 e il N.° 2 successivamente, finchè non rimase che il terrazzo N.° 1, accresciuto dal l'altezza dei tre scomparsi. Quest'unico terrazzo a destra esprime la somma delle altezze assolute dei terrazzi N.° 1, 2, 3, 4 corrispondenti a sinistra, più l' altezza portata dall' obliquità della linea che congiunge la base del terrazzo N.° 4 a sinistra colla base del terrazzo N.° 1 a destra, sicchè realmente il terrazzo N.° 2 a destra sarebbe il quinto dello stesso lato, corrispondente al N.° 5 del lato opposto. Il terrazzamento ripigliò in seguito colla regolarità voluta.

1322 Tra le cause che possono modificare così profondamente il processo del terrazzamento, principalmente col distruggere i terrazzi già formati, determinando una azione erosiva più valida o più diuturna, sull'una piuttosto che sull'altra sponda, potremmo citare le piene straordinarie, i salti, le rotte, la molteplice reazione dei confluenti e la denudazione della roccia salda, costituente la primitiva sponda della valle. Bisogna dare importanza specialmente alle due ultime fra le cause accennate. Nella regione di un confluente il sistema dei terrazzi non può che riuscire molto complicato, dovendo essere la risultante di due sistemi di forze disuguali, sommamente variabili l'uno e l'altro. Quanto alla denudazione della roc-

cia in posto, si intenderà facilmente come la corrente, quando l'avrà scoperta da una parte, cesserà da quella parte stessa la sua potenza erosiva. La roccia salda in fatti presenta alla corrente un ostacolo quasi invincibile: essa verrà quindi in quel punto permanentemente respinta contro la sponda opposta. Dalla parte dunque ove è scoperta la roccia i terrazzi alluvionali, saldi sopra una base irremovibile, si conserveranno immuni da ogni ulteriore attacco: dall'altra parte invece verranno inevitabilmente distrutti, cioè ridotti a un numero minore, e facilmente a un solo, quando pure l'alluvione non sia interamente esportata, sicchè non rimanga più traccia nè di terrazzi, nè di terreno terrazzabile. Lascio del resto tutte le eccezioni che alla teorica potesse fare la pratica, la quale esigerà caso per caso speciali spiegazioni. Queste però, lo ritengo fermamente, non sarebbero che speciali applicazioni dei principî esposti. Io voleva dare al lettore una ragione sufficiente dei fatti, che presenta nella sua generalità il fenomeno del terrazzamento delle valli in tutte le regioni del globo, e credo di averla data.

Studiato il fenomeno della formazion dei terrazzi, resta a vedersi quando abbia cominciato, e quanto abbia durato quel periodo, che piglia per sua principale caratteristica il fenomeno stesso.

1323. È certo che il periodo dei terrazzi tenne dietro al periodo glaciale, poichè noi troviamo, prima ancora delle alluvioni, terrazzate le antiche morene frontali che stanno a monte e ad un livello più alto delle alluvioni stesse. Dico che tenne dietro al periodo glaciale; ma più esattamente si direbbe al periodo dell'avanzamento degli antichi ghiacciai. Se è vero che il terrazzamento risponde ad un periodo di magra, di cui fu conseguenza la ritirata dei ghiacci; il periodo dei terrazzi è contemporaneo al periodo del ritiro degli antichi ghiacciai. Il periodo dei terrazzi è dunque una immediata continuazione dell'epoca glaciale.

1324. Fino a quando si protrasse il periodo dei terrazzi? — La risposta a questa domanda è difficile, e in certo senso quasi impossibile. Noi ci troviamo ormai alla superficie attuale del suolo. I terrazzi scorgonsi ancora a nudo, non ricoperti, se non forse accidentalmente, da sedimento alcuno. Sui terrazzi, invece dei sedimenti, noi troviamo vigneti colti, villaggi, e città. Si direbbe che coll'artificio del terrazzamento il Creatore ha voluto dare l'ultima mano all'edificio, cui destinava ad abitazione dell'uomo, distribuendo alla base delle montagne i ricchi materiali che i ghiacciai vi avevano, con lento lavoro, deposto, o disponendoli in un gran sistema di irrigui piani e di pendici apriche, per cui le acque, che scendevano dalle Alpi, arrivassero al mare dopo aver sopra vaste zone creato la fecondità e la vita. Compito l'assestamento del provvidenziale edificio,

l'uomo ne fu immesso al possesso immediatamente. Il periodo dei terrazzi adunqne è in rapporto cronologico immediato, diretto, sicuro, col periodo glacialo da una parte, dall'altro con qnello della comparsa dell'nomo, il quale venno a spiegare sui terrazzi lo sue tende.

1325. Noi troviamo però, per indizi sicuri, che, se non tutti, certamente alcuni terrazzi si formarono posteriormente alla comparsa dell'uomo. Troviamo fin dello alluvioni (p. es., nei dintorni di Roma) contenenti reliquie d'umana industria in gran copia, eppure anch'esse terrazzate. L'epoca dei terrazzi è dunque già l'epoca dell'uomo? Non possiamo rispondere, se prima non abbiamo cercato di stabilire l'epoca relativa della comparsa dell'uomo nello diverse regioni del globo. Quello che è certo è, che il fenomeno del terrazzamento durò fin oltre la comparsa dell'uomo, e assai probabilmente continua ancora. Per distinguere adunque un *periodo dei terrazzi* da un *periodo antropozoico,* bisognerebbe dimostrare che tra il periodo glaciale o la comparsa dell'uomo ci fu un certo lasso di tempo in cui le antiche morene, e le antiche alluvioni furono erose e terrazzate, fino ad una certa profondità, creandosi una massa proporzionale di nuove alluvioni a valle delle alluvioni terrazzate. Un tale periodo, il quale comprenderebbe soltanto un certo numero di terrazzi, io credo che esista a'meno in Europa. Noi troviamo anche che, tra la fauna glaciale e quella che ci appartiene, pajono mostrarsi i rappresentanti di una fauna media, che si trovarono cogli ultimi avanzi della fauna glaciale da una parte, e dall'altra camparono abbastanza per vedere i primi uomini che vennero a stabilirsi in Europa. I principali rappresentanti di questa fauna, che contraddistingue, secondo me, il vero periodo dei terrazzi e i terreni equivalenti, sono l'*Elephas primigenius* (il celebre Mammouth) o il *Rhinoceros tichorhinus.* Ma per stabilire tutto questo, bisogna premettere le indagini sulle prime origini dell'uomo, le quali si radicano, per dir così, nel periodo dei terrazzi, in guisa che qnesto non si può delimitare, se prima non è fissata l'epoca relativa della comparsa di quello.

CAPITOLO XXXI.

PRIMA ETÀ DELLA PIETRA OD EPOCA ARCHEOLITICA.
PERIODO PRIMO DELL'ÊRA ANTROPOZOICA.

1326. Le formazioni, che stanno per rappresentarci una grand' êra novella, non costituiscono pei geologi che un'ultima, trascurabile, appendice dei terreni quaternarî, sui quali abbiamo fondata l' êra neozoica. Prevedo che si griderà allo scandalo, alla violazione di tutte le leggi di proporzione, mentre quei terreni non aggiungono che una frazione indifferente alle grandi masse che compongono la crosta del globo, e rappresentano un brevissimo periodo nella storia della terra. Ancor maggiormente allo scandalo grideranno quei tali (non sono, per buona sorte, gli aventi maggior voce in capitolo), che proclamano l'uomo terziario, e nella creatura sovrana dell'universo non riconoscono che l' ignobile schiatta di un antico quadrumane. Rispondendo ai primi soltanto (a quelli cioè che si scandalizzeranno perchè si voglia levare alla dignità di un'êra un periodo che sfuggirebbe al calcolo per la sua tenuità, quando lo si volesse p. es., misurare coll'êra paleozoica) li rimanderò a quanto ho detto sul principio del capitolo precedente. Quando mai, ripeto, si divisero le epoche secondo la lunghezza della loro durata? Non è egli vero, come dissi, che per le divisioni nella storia fu presa per base, non la lunghezza dei periodi, ma l' importanza degli avvenimenti? Ritenuto il paragone tra la geologia e la storia, parlandosi dell' êra antropozoica singolarmente, è il caso di riflettere come l' introduzione di un nuovo elemento, di una nuova forza, che impresse all'umanità o ad una nazione un nuovo impulso, che separò il vecchio dal nuovo, piantando sulle rovine di un vecchio edificio politico, intellettuale o morale, le fondamenta di un edificio novello, servì specialmente a datare le epoche tanto della storia universale, quanto delle storie particolari. Richiamiamo ancora con piacere, e credo molto a proposito nel caso nostro, da quale avvenimento si credette motivata l'aper-

tura dell'êra volgare. Quand' è che (piuttosto per una necessità sentita dall'universo, che per una convenzione ammessa dagli storici di tutte le nazioni) ricominciossi a contar gli anni daccapo, e si stabilirono le due êre, in cui si riparte la storia universale? Questo avvenne quando risuonò nel mondo la grande parola; quando fu introdotto, in seno alla pasta invecchiata delle antiche società pagane, il fermento cristiano, l'elemento nuovo per eccellenza, che all'antica servitù sostituiva la libertà, alle tenebre la luce, alla caduta e alla degenerazione il risorgimento e il vero progresso dell'umanità.

1327. È in questo senso precisamente che io non dubito di proclamare l'êra antropozoica. La creazione dell'uomo è l'introduzione di un elemento nuovo nella natura, di una forza affatto sconosciuta ai mondi antichi. E si badi bene che io parlo dei mondi fisici, poichè la geologia è la storia del pianeta, non già del mondo intellettuale e morale. Ma il nuovo essere, insediato sul vecchio pianeta, il nuovo essere che, non solo come gli antichi abitatori del globo, riunisce il mondo inorganico all'organico, ma, con connubio affatto nuovo e misterioso, la fisica natura sposa al principio intellettuale e morale; questa creatura veramente nuova in sè stessa, è anche pel mondo fisico un nuovo elemento: è una nuova forza tellurica, che, per la sua potenza e universalità, non sviene in faccia alle maggiori forze del globo.

1328. La geologia si sente anch' essa spinta sopra una nuova via, sente che le vengono meno i suoi mezzi più potenti, i suoi criteri più sicuri: diviene una nuova scienza anch'essa. Già l'êra neozoica la obbligava a buttarsi sopra una via molto diversa da quella che aveva battuto quando narrava gli avvenimenti delle epoche più antiche. La scienza degli antichi mari, era già costretta a diventare la scienza dei nuovi continenti. Ma anche questa nuova via non può condurre la geologia fino alla meta. Più non le basta di considerare la terra sotto l'impulso delle forze telluriche; una nuova forza impera quaggiù; l'antica natura si svisa, quasi si dilegua sotto la nuova natura. Non siamo che al principio dell'êra novella; eppure quanto è già profonda l'orma umana in sulla terra! Da poco tempo l'uomo ne ha preso possesso; eppure di quanti fenomeni geologici noi siamo già costretti a cercare le ragioni, non negli agenti tellurici, nell'atmosfera, nelle acque, negli animali terrestri o marini, ma nell'intelligenza dell'uomo, nel suo volere invasore e prepotente! In quanti fatti si traduce già quel dominio sovrano, che da Dio venne all'uomo trasmesso, quando ancora innocente udiva quelle profetiche parole: *Crescete e moltiplicatevi; riempite la terra, assoggettatela; stendete il vostro dominio sui pesci del mare, sui volatili del cielo, su tutti gli ani-*

mali che brulicano sulla terra, [1] e quando, reso colpevole, udiva intimarsi: *Ti ciberai di pane col sudore della tua fronte ?* [2]

1829. Per intendere quanto siano profonde le modificazioni apportate al globo da questo nuovo elemento, o quanto nuovi per consegnenza siano i criteri che debbono guidare la scienza, basta un confronto fra le terre così dette vergini (se pure ve n' ha ancora un brano che meriti tal nome) e quelle che l'uomo ha coltivate da secoli. Gettiamo uno sguardo sull'Europa, ove l' uomo spinse più avanti il suo impero, e dove, benchè più recenti, sono le sue orme più profondamente stampate.

1830. Se la sua possa non valse a dirigere la foga dei venti, che guidano le acque del mare sugli immensi campi che egli coltiva, stende però già il suo dominio sulle acque stesse, appena si sprigionano dai cumuli erranti in seno all'atmosfera. Dall'umile ruscello, che saltella di balza in balza, fino al fiume che allarga l'immensa foce nel mare, tutte le acque scorrenti, immemori delle antiche leggi, battono la via che l' uomo ha loro tracciata. Le antiche distese alluvionali, già da loro percorse con mutabile vorticoso serpeggiamento, o inondate dalle loro piene straripanti, sottratte a viva forza al loro capriccioso dominio, sono converse in regioni di prati erbosi e di ubertose campagne, periodicamente falciate dal nuovo padrone. [3] Ove le valli naturali si troncano, incominciano le valli artificiali che l' uomo ha tracciate, guidando gli argini ciclopici sopra linee così lunghe, quanto le sono le valli scavate con lento lavoro dei secoli; o se un fiume alla fine ritrova il seno dell' antico mare, vi si riversa per foci non sue. Le acque non si trovano nemmeno al sicuro, quando si gettano per strade furtive sotterra. L' uomo le rincorre, le raggiunge, e fontane e fiumi, a cui l'uomo impone il nome di pozzi, dissetano il greggo, irrigano il deserto. Al tempo stesso egli tronca le vene alle acque esuberanti della superficie, e le disperde nelle sue cisterne.

1831. Già sorgono nuovi monti, ove esistevano antiche valli: giù il suolo ineguale disegna dei larghi piani, ove le acque si distendono in sottilissimo velo, moltiplicando colla superficie la loro possa fecondatrice. Già le Alpi impenetrabili hanno sentito battersi in seno lo scalpello e scoppiare la mina, e le nazioni vi si diedero la posta per stringersi fratellevoli la mano. Ovunque si schiude il seno dell'antica madre, e l'ombre, rotte da vaganti splendori, rassegnano all' uomo i tesori nascosti dai secoli.

---

[1] *Genesi*, 1.° 28.

[2] *Ivi*, III°, 19.

[3] Et cursum mutavit iniquum frugibus amnis
Doctus iter melius......... ....
ORAZIO, *Arte poetica.*

Talora tu vedi questo Prometeo destare dalle viscere della terra il fuoco, e guidarlo alle sue caldaje. Rivale dei poderosi agenti del mondo interno, l'uomo scompone ciò che la natura ha composto. La natura ha lavorato da secoli ad agglomerare nelle viscere della terra gli ossidi e i sali metallici; e l'uomo, strappandoli alla terra, li riduce in metalli nativi fra le vampe delle sue fornaci. Invano cerchereste alla terra un atomo solo di ferro nativo: e già la sua superficie è chiusa, si direbbe, entro una rete di ferro, mentre città di ferro escono dagli umani cantieri e galleggiano sul mare. Quanta parte della superficie terrestre omai scompare sotto le moli che l'uomo ha edificato per sua dimora, per suo diletto o per sua difesa, nei piani, sui colli, in riva al mare ed ai laghi, come sulle vette più ardue dei monti! Ormai l'antica terra scompare sotto le reliquie dell'uomo o dell'umana industria. Tu conti già una serie di strati, ove leggi la storia delle umane generazioni, come prima leggevi sui fondi accumulati degli antichi mari la storia delle faune antiche. Agli strati archeolitici, ove le umane reliquie appajono sepolte fra le selci tagliate e gli ossami di animali scomparsi dalla terra, si sovrappongono le terramare, e i letti palafittati, ove i progressi dell'umana razza hanno per testimonio il bronzo foggiato in armi e attrezzi di lavorio squisito. E ancora non siam giunti al suolo improntato dall'arte etrusca; e per trovarci sul nostro dovremo attraversare l'immenso strato che reca l'impronta del genio romano. I fiumi, quasi dimentici degli antichi ciottoli di granito o di porfido, appresero a rotolare terre cotte e stoviglie. In fine sono oggi circa 300 milioni di uomini che lavorano curvi, grondanti sudore, da mane a sera, sul suolo di questa piccola porzione della superficie del globo, che si chiama Europa. L'Inghilterra, ove più fervo l'umana industria, crolla e si sfonda, ovunque tarlata e minata da tanti insaziabili cercatori di carbone, di salgemma, di calcari e di metalli. Che sarà quando tutta l'Europa sia lavorata come l'Inghilterra, o tutto il mondo come l'Europa? Nè solo alla terra ascintta si limita l'influenza dell'uomo. Il mare stesso non sfugge al suo impero. Esso già si arretra, respinto dalle dighe invadenti, e dalle pompe, e dagl'incastri, che gli rubano e bracci e lagune e paludi, convertendoli in campi.[1] Nè più gli vale la sua immensità a dividere le terre dalle isole, le isole dai continenti; chè migliaja e migliaja di navi hanno spianata la via per cui si abbracciano le nazioni, e le terre si scambiano in mutuo tributo i prodotti dei tre regni. Fin le inesplorate profondità dell'Oceano si videro co-

[1] .... sterilisve diu palus, aptaque remis
Vicinas urbes alit, et grave sentit aratrum.
ORAZIO, *Arte poetica*.

strette a servire di tramite, affine di porre a portata di voce i popoli dei due mondi. E l'uomo invade anche i campi dell'atmosfera, e non contento di versarvi, come gli animali, i prodotti della sua respirazione, vi riversa a torrenti i prodotti della sua industria, i gas de' suoi fuochi e de' suoi grandiosi laboratorî. Un secolo, un anno soltanto, che una famiglia d'uomini si stabilisca sopra un suolo vergine, e tutto è cambiato, tutto respira la possa dell'umana intelligenza.

1332. Così impera l'uomo sul regno della materia inorganica e sulle forze che lo governarono sole per tante miriadi di secoli; ma il suo giogo non risparmia gli altri più nobili regni. La legge di ferro che gli impose la colpa, ha fatto dell'uomo essenzialmente, sotto diversi nomi, un agricoltore. Qui atterra boscaglie; là di boscaglie riveste le piagge ignude; i legni si convertono in attrezzi, i tronchi in antenne; i deserti divengono prati; le squallide cricaje, campi biondeggianti di messi; gli ignudi colli, vigneti e giardini. I vegetali non sono più liberi di crescere alla rinfusa, di agglomerarsi in gruppi senz'ordine e senza nome. Disposti in filari, seminati la ajuole, aggruppati in boschi che prendono il nome da un'essenza piantatavi dall'uomo, tagliate, potate, tormentate in mille guise, nudrite da calori e da acque artificiali, attestano ovunque che l'uomo ha preso pieno possesso di quel regno che Iddio gli ha assegnato pel vitto e pel vestimento. Nè, sotto l'impero irresistibile, le piante si assoggettarono soltanto a un regime che la natura non aveva loro imposto; ma ignare della stessa loro primitiva natura, piegandosi a nozze forzate, o simulano nuove specie sotto la maschera mostruosa dell'ibridismo, o altre specie mentiscono coi fiori e coi frutti che vi ha piantato l'innesto. Ormai il botanico ricerca a fatica ne' più ermi recessi, nei fessi delle montagne, sulle cime più inaccesse, le salvatiche figlie della vergine natura, che serbano non adulterate le forme materne.

1333. Una delle leggi, che prestarono al geologo i criterî più sicuri per scoprire le condizioni del globo nelle epoche antiche, e che sembrava più fortemente ribadita nell'epoca attuale della maggior ripartizione delle terre e dei climi, è dall'uomo colla maggior propotenza violata. Parlo della distribuzione geografica delle piante.

Strappate alla zolla nativa, serve ai bisogni od al diletto di chi ha l'impero sulla terra, quante piante vennero ad usurpare, con furto forzato, il posto alle piante nostrali! Senza esser giunti a tardissima età, noi assistemmo all'arrivo in Europa di molte di esse, e altro assai ne videro le generazioni appena spente, che maravigliarono della scoperta di un nuovo mondo. Molte di queste importate hanno già preso il sopravvento sulle indigene dominatrici del suolo. Immense distese dei nostri campi

sono coperte dal grano turco *(Zea maïs)* originario dell'America meridionale, dal pomo di terra *(Solanum tuberosum)* proveniente dalla stessa regione, e dal pomo d'oro *(Hyeapersicum esculentum)*, che col suo nome volgare, simile a quello di *Tomate* che portava nella sua terra nativa, ricorda il Messico d'onde venne esule fra noi. L'America del nord ci diede la Robinia *(Robinia pseudacacia)* e la *spina christi (Gleditschia triacanthos)*, naturalizzate al punto da divenire infeste alle nostre campagne. A queste piante del Nord-America aggiungi l'acero negundo *(Negundo fraxinifolium)*.

Altre specie ci vennero dalle più lontane regioni del continente antico, e da tempo così remoto, che nessuno sospetta che non sian nostre, dacchè lo sono in fatti da tanti secoli. Tra queste i fagioli *(Phaseolus vulgaris)* colle loro infinite varietà, le zucche o i poponi *(Cucurbita maxima, C. pepo)* varî anch'essi all'infinito, che ci giunsero dalle Indie orientali. L'Asia ci tributò inoltre le fave *(Vicia faba)* e gli spinacci *(Spinacia oleracea)*. Dagli altipiani dell'Asia centrale ci venne l'aglio comune *(Allium sativum)*: dalla China, coi bachi da seta, il gelso bianco *(Morus alba)*: dall'Oriente, e probabilmente dalla Persia, il pesco *(Persica vulgaris)*: dall'Asia e dall'Africa settentrionale, il mandorlo *(Amygdalus communis)*: dall'Asia pure il castagno d'India *(Aesculus hippocastanum)*: dal Giappone il gelso da carta *(Broussonetia papyrifera)* che ora cresce spontaneo lungo i torrenti o fra le macerie: dall'Asia Minore la vite *(Vitis vinifera)*, che, coltivata ovunque nelle sue infinite varietà, cresce anch'essa spontanea nei boschi e lungo le siepi. Per suo diletto poi l'uomo trapiantò dall'Asia le rose *(Rosa centifolia, damascena, indica)*: dal Perù il girasole *(Helianthus annuus)*: dal Messico la dalia *(Dahlia variabilis)*: dal Levante i gigli *(Lilium candidum)*: dall'India i begli-uomini *(Balsamina hortensis)*: dal Capo di Buona Speranza i geranî *(Pelargonium Zonale, inquinans, ecc.)*. Che sarà ora che l'esportazione delle piante esotiche è divenuta un ramo attivissimo di commercio, favorito da tutte le riprese della speculazione, della scienza, del lusso? Ora che le nostre serre ci presentano altrettanti spicchi della zona torrida, e che i nostri giardini sdegnano ormai qualunque fiore che non porti un nome straniero? Nè sempre l'uomo fu volontario strumento di questa radicale rivoluzione nella distribuzione geografica delle piante. Egli recò dalle Indie orientali il riso; ed ecco in seno alle nostre risaje pullulare una flora indiana, che seguì furtiva la pianta sovrana nel suo lontano esiglio. Molte volte anzi ebbe l'uomo a lamentarsi di questa sua possanza, che per tanta parte si sottrae al suo libero arbitrio. Tra i semi che egli trasporta inconsapevole colle lane, coi legnami, colle mercanzie d'ogni natura, quanti gli diven-

nero infesti! Tra le erbe più communi, che sono un flagello pei nostri campi e pei nostri prati, contiamo l'*Erigecon canadense* e la *Stimatix annua*, le quali ci giunsero dal Nord-America. Dall'America settentrionale, colle zattere di legname, approdò pure di contrabbando ai nostri lidi l'*Elodea canadensis*, che, preso possesso delle acque dolci del Nord-Europa, di là spinse in questi ultimi anni le sue invasioni nei fiumi e nei canali del Belgio, della Francia, della Germania, a tale punto, da riuscire in molti luoghi d'incaglio alla navigazione.

1334. L' uomo europeo alla sua volta, quasi a compenso de' suoi ladroneggi, dissemina altrove le piante, ond'ha, per qualunque via, arricchito il suo suolo. Molte specie, indigene d' Europa, trovansi così coltivate a grande scala nelle altre parti del mondo, e il nuovo continente fu aperto a tutte le piante che abitavano l'antico. Così vi si trovarono colà raccolti, provenienti dai diversi paesi, il riso, la canna da zuccaro, il caffè, la pianta dell'indaco *(Indigofera anil)* coi fagioli, le fave, il frumento, la segale. L'avena *(Avena sativa)*, trasportata a Montevideo, vi trovò così propizio il suolo, che vi crebbe in vasti pascoli, simili affatto ai campi seminati. Gli sterminati *pampas* si coprirono di cardi mangerecci *(Cynara cardunculus)* e di cardi selvatici *(Carduus marianus* e altri*)*. Le viole mammole *(Viola adorata)*, la borraggine *(Borrago officinalis)*, il marrubio *(Marrubium vulgare)*, le ortiche *(Urtica urens, dioica)*, le malve *(Malva silvestris, rotundifolia)* unitesi all' uomo nelle sue fortunose peregrinazioni al di là dell'Atlantico, crebbero abbondanti nelle colonie dell'America meridionale, ove si propagano a detrimento di non poche specie indigene. Così a poco a poco alle flore locali si sostituisce una flora universale, derivante dalla fusione di esse. È un fatto nuovo nella storia del globo, di cui il geologo non trova ragione nelle condizioni del clima, nella natura del suolo e nemmeno nelle leggi dipendenti da un atto primitivo di creazione, ma nella sconfinata influenza che, voglia o non voglia, esercita l' uomo sulla natura tellurica.

1335. Un impero uguale, forse più efficace e assoluto, esercita l' uomo sul più elevato dei tre regni della natura. Fin dal primo momento della creazione, collo sguardo sovrano, egli ha passato in rassegna le bestie della terra. Negli animali non conobbe che l'utile o il danno che a lui ne potevano derivare. Intimò ai nocivi una guerra di sterminio, agli utili il servaggio. L'uomo d' Europa, immigrandovi dall'Asia, seco recava tutti senza eccezione (giusta il commune consenso dei zoologi) gli animali domestici, il cui uso si perde nelle tenebre delle età preistoriche. Le loro reliquie non si raccolgono che colle reliquie dell' uomo. Quegli animali domestici, sotto le diverse influenze del clima e di tutte le condizioni lo-

cali, più ancora soggiacendo alla possa semicreatrice dell'uomo, moltiplicandosi a dismisura sul nostro suolo, subirono tante modificazioni, che la fauna d'Europa ci presenta piuttosto (a differenza delle faune antiche d'ogni paese) un mondo di varietà che una serie di specie. Basta richiamare colla fantasia i più domestici animali, di forma esterna, di dimensioni, di colore, di istinti e di abitudini così varî che noi ci forziamo di distinguere con tanti diversi appellativi o predicati. Il naturalista vi conta sulle dita le specie, mentre voi gli sciorinate un dizionario di nomi e di aggettivi: voi gli citate cento specie di cani domestici, ed ei non riconosco che un cane, come non conosce che un gatto, un cavallo, un pollo, un piccione. Nuove specie in questi ultimi tempi furono introdotte principalmente dall'America, p. es., il dindio, originario dell'America settentrionale, senza parlare di quella infinità di specie che vanno acclimatandosi a migliaja, introdotte, come abbiam detto delle piante, dalla speculazione, dalle scienze e dal lusso. Anche qui moltissime sono le specie che in Europa ci pervennero dall'Asia, dall'Africa e dall'America, per l'opera indiretta dell'uomo. Il mondo degl'insetti stranieri è quello principalmente che ci costrinse ad accettare un tributo forzato del pari che funesto. Ormai non v'ha casa in Europa che non sia invasa dallo scarafaggio commune *(Blatta orientalis)* venutoci dai paesi del levante; e, parlando di animali di più alta sfera, un vero flagello si è versato sulle nostre città col topo delle beccarie o delle fogne *(Mus decumanus)*, tardi venuto dall'America, ma troppo presto moltiplicatosi fra noi, collo sterminio omai completo dei nostri antichi ratti *(Mus rattus)*. Anche gli animali, come le piante, vanno dall'uomo europeo, divenuto uomo cosmopolita, universalizzandosi sulla terra. Il baco da seta e l'ape vennero così propagandosi per ogni dove: i cavalli e i buoi dell'antico mondo errano in mandre infinite nello stato di semi-libertà negl'immensi pascoli dell'America meridionale. Cosmopoliti coll'uomo divennero il majalo, la pecora, la capra, il coniglio, il cane, il gatto. In ogni parte del globo presso le dimore dell'uomo si annidano i piccioni, e negli Stati Uniti come nell'Australia si moltiplicano i passeri dei nostri tetti.

1336. Nè solo agli animali della terra e ai volatili del cielo impera l'uomo, ma anche agli abitatori delle acque: insegue e uccide il capidoglio nelle acque bollenti della torrida zona, come le balene e le foche tra l'orrida danza delle montagne di ghiaccio; colpisce nei deserti infocati l'elefante, le gazzelle, gli struzzi, come i lupi, gli orsi, i camosci, fra le nevi dell'Alpi. La piscicoltura, che ripopola le acque dei nostri fiumi e dei nostri laghi, ci offre un saggio di quel dominio che l'uomo andrà sempre più esercitando sui pesci, come assai prima lo esercitò sui mam-

miferi e gli uccelli che gli sono compagni, servi, stromenti e cibo. Nulla infine è salvo da questo invasore, che esercita la sua rapina ed estende il suo dominio in terra, nell'aria, nell'acqua.

1337. Noi parlammo dell'uomo d'Europa, perchè l'Europa, più che le altre regioni, accusa l'impero dell'uomo. Sede di antichissime civiltà, occupata da nazioni potenti, da uomini usi a moltiplicare il tempo col fervore dell'opera, sentì più profondamente delle altre imprimersi l'orma del sovrano della terra. Ma le antiche civiltà dell'Asia o dell'Africa precedettero le antiche civiltà d'Europa. Nella caligine dei tempi si perdono le civiltà del Perù e del Messico. L'Europa, come per rigurgito, si rovescia ora sulle terre da cui trassero origine i suoi popoli, e su quello di cui i padri nostri non conobbero nemmeno l'esistenza. Da molto tempo quest'onda di popoli va, viene, ritorna, si urta, si accavalla come l'onda del mare sulla superficie del globo. Non dimentichiamo insomma che l'uomo è, può dirsi, fin dalla sua origine, cosmopolita. A differenza dei muti animali che lo precedettero sulla superficie del pianeta, non conosce alcune limite geografico, non distingue nè zone nè climi, non gli fanno ostacolo nè fiumi, nè mari, nè valli, nè creste di montagne. Come nudo si aggira già da secoli fra le arene dello sconfinato deserto infuocato dal sole; così, coperto di pelli, strappate agli animali più miti come ai più feroci, da secoli guida la sua slitta nell'orrido labirinto dei ghiacci polari, che riflettono il mite bagliore dell'aurora boreale. Ma l'uomo d'Europa già adocchia il cuore del deserto, per farne un oasi per sè, e sta per piantare sul polo il vessillo vittorioso che già sventola sui picchi più vertiginosi delle Alpi. Giorno verrà che la terra non sarà che un suggello della potenza dell'uomo, e l'uomo un suggello della potenza di Dio, che, col trasfondergli l'immagine sua, gli rassegnò quasi una parte del suo potere creativo.

1338. Un'êra nuova adunque si è iniziata coll'uomo. Ammettiamo, vogliasi pur stravagante, il supposto, che una intelligenza qualunque venisse a studiare la terra quando l'umana progenie, come quella che popolò gli antichi mondi, fosse interamente scomparsa. Potrebbe egli studiare la geologia dell'epoca nostra su quelle basi, su cui si innalza lo splendido edificio della scienza dei mondi che furono? Potrebbe egli, dall'andamento delle alluvioni, dalla distribuzione degli animali e delle piante, in fine dall'orme impresse dalle forze libere della natura, dedurre le vere, le naturali condizioni del globo? Forse il potrebbe; ma sempre e unicamente tenendo di mira, mettendo in tutti i suoi calcoli, questo nuovo elemento, lo spirito umano. A questo patto potrebbe, p. es., come noi spieghiamo i monti di ossa di animali terrestri in seno al mare, spie-

gare anch'egli i monti di marine conchiglie che i selvaggi preistorici della Danimarca fecero sorgere sulle coste da loro abitate. Ma, se la geologia attuale, per intendere le epoche andate, deve studiare la natura prescindendo dall'uomo; la geologia futura, per intendere l'epoca nostra, dovrebbe studiar l'uomo prescindendo dalla natura. Perciò il supposto geologo, volendo fare la geologia dell'epoca nostra, finirebbe col narrare la storia dell'umana intelligenza. Ecco le ragioni per cui io credo doversi l'epoca dell'uomo levare alla dignità di êra novella.

1339. Ad accettarne la fondazione non dovrebbero essere ritrosi i geologi per l'unica ragione della brevità del tempo che essa abbraccia attualmente. L'êra antropozoica è un'êra incominciata: il geologo non può nemmeno prevederne la fine. Quando diciamo êra antropozoica non guardiamo allo scarso numero dei secoli che furono, ma a quelli che saranno. Nulla al certo ci fa sorgere nemmeno il sospetto che il seme d'Adamo sia vicino a spegnersi; chè l'umanità è troppo bambina a fronte di quell'ideale di perfetta civiltà di cui non invano il primogenito degli uomini avrà piantato il germe sulla terra. Ma per quanto siano misurati i secoli che Dio ancora concede ai trionfi dell'intelligenza e dell'amore; la terra non uscirà dalle mani dell'uomo, se prima non sia tutta profondamente istoriata dalle sue orme.

1340. Rientriamo nel nostro campo, e cominciamo dal cercare in quali formazioni dovranno apparire i primi indizi dell'uomo. Per quanto antico sia l'uomo (ammesso che l'êra antropozoica non si apra che posteriormente all'epoca glaciale), non possiamo aspettarci che essa sia rappresentata altrimenti che da formazioni quasi esclusivamente terrestri, molto recenti e affatto superficiali. Devono appartenere cioè all'antropozoico soltanto quei terreni che abbiam visto, per dir così, formarsi sotto i nostri occhi, dipendenti immediatamente da agenti ancora localizzati, e sarebbero:

1.° Le frane.

2.° I depositi delle sorgenti incrostanti terrestri, lacustri o marine (tufi, travertini e panchine recenti, stalattiti, alabastri, incrostazioni silicee dei *geyser*, ecc., ceppi recenti, ecc.).

3.° Le alluvioni recenti.

4.° I delta, le maremme, in genere gli apparati littorali, i fondi essiccati del mare.

5.° Le torbe e in genere i depositi attuali di combustibili.

6.° Il guano od altri depositi recenti di origine animale.

7.° Le morene dei ghiacciai alpini e in genere i depositi recenti di origine glaciale.

8.° Le recenti dejezioni vulcaniche accumulate direttamente per sè, o distribuite dall'azione delle acque.

9.° I depositi di formazione marina recente, sollevati da recenti sollevamenti.

I seguenti caratteri serviranno a precisare i terreni antropozoici:

1.° *Stratigrafici.* I terreni *antropozoici* riposano sui terreni *neozoici.*

2.° *Mineralogici.* I caratteri mineralogici dei terreni antropozoici devono rispondere in generale ad agenti ancora approssimativamente localizzati là dove esiste il deposito. Una corrente di lava recente starà in immediata dipendenza dal cratere che la ha eruttata; un letto di sabbia o di ghiaja alluvionale recente, lo sarà da una corrente che ancora scorre e deposita in quel luogo; uno strato recente sollevato dal mare offrirà la natura stessa del fondo ancora là vicino coperto dalle acque.

3.° *Paleontologici.* I fossili antropozoici corrispondono in genere alla fauna ed alla flora ancora vivente, e il fossile più caratteristico è l'uomo, nelle sue reliquie o negli avanzi della sua industria.

1341. Quanto alla fauna ed alla flora dei depositi antropozoici, non basterà memmeno che esse rispondano in genere alla fauna ed alla flora vivente, ma in generale bisognerà che la fauna e la flora fossili traducano esattamente gli accidenti delle viventi, soprattutto il marcatissimo carattere dell'accantonamento delle faune e delle flore. Così, p. es., gli strati marini presso Pozzuoli che contengono frammenti di scoltura, di vasi, ecc., sono zeppi di conchiglie marine che tutte vivono ancora nella prossima baja. Così può darsi che l'Epomeo d'Ischia, il quale, all'altezza di circa 600 metri, ha degli strati contenenti conchiglie riconosciute da Lyell come ancora viventi nel golfo vicino, non sia che una creazione tutta dell'epoca antropozoica.

1342. Richiamo ora lo specchio delle epoche antropozoiche, che forma parte della *Tavola sinottica dei terreni.*[1]

Êra antropozoica.

Epoca preistorica.

1.ª Età della pietra, o epoca archeolitica, ossia epoca della pietra scheggiata (Epoca del renna nell'Europa meridionale).

2.ª Età della pietra, o epoca neolitica, ossia periodo della pietra levigata (Epoca degli animali domestici in Europa).

Età del bronzo.

Epoca storica.

Età del ferro.

1343. Il primo indizio dell'uomo segna il principio dell'êra antropozoica. Tale indizio per buona sorte ci può essere fornito non soltanto dalle umane

[1] Volume secondo, pag. 163.

reliquie, ma dalle armi, dagli attrezzi, dagli edifici, da tutte le tracce del lavoro, da tutti i prodotti dell'industria e dell'arte, in cui l'uomo moltiplica infinitamente sè stesso. Quando però si voglia stabilire l'epoca della prima comparsa dell'uomo sulla terra, ci troviamo a fronte di difficoltà ancora insuperabili.

L' uomo, come abbiam detto, è cosmopolita: a differenza delle bestie non riconosce accantonamento. Ecco la massima delle difficoltà. Cercando quando apparve l'uomo, si cerca dove esso apparve per la prima volta. L'uomo, a somiglianza degli animali, derivando da un primo prototipo, non poteva propagarsi sulla terra che di stazione in stazione. Bisogna sapere quale fosse la prima. Questa questione non ci parve di tanta necessità, quando discorremmo degli animali comparsi in epoca molto anteriore all'uomo. Anzitutto i limiti delle epoche geologiche sono molto larghi, per cui il tempo che passò fra la creazione di una specie e la sua propagazione su quella parte di terra che gli era destinata, può considerarsi come frazione trascurabile, in confronto della dinturnità dell' epoca stessa, da una specie qualunque caratterizzata. D'altronde anche gli animali più antichi non furono tanto cosmopoliti come l'uomo, e noi vedemmo come la legge di accantonamento andò facendosi sempre più rigorosa, mano mano che ci avvicinammo all'epoca nostra. Mentre adunque la ricerca del tempo e del luogo in cui comparve il progenitore dell'umana schiatta è problema di massimo interesse per noi, la sua soluzione è resa difficilissima dall'umano cosmopolitismo quanto al luogo, e quanto al tempo dalla lunghezza certamente considerevole che l'uomo deve aver impiegato per popolare tutta la terra, partendo dal luogo ove l'uman genere ebbe la culla. Se la geologia (considerata sempre come scienza che si appoggia ad argomenti puramenti razionali) potesse ammettere come dimostrato quello in cui si accordano, pare ormai con ottimo fondamento, la linguistica, l'archeologia e la storia; se potesse cioè ammettere che le emigrazioni dell'uomo indicano come punto di partenza il centro dell'Asia, ossia la grande regione uralo-caspiana; anche il geologo dovrebbe senz'altro prendere le mosse di là, e sulle orme dei popoli primitivi, tener dietro al propagarsi dell'umana razza per vie radianti da quella antichissima regione, in Europa, in Africa, nel mezzodì e nel settentrione dell'Asia, e di là nel nuovo continente. Ma ancora la cosa è impossibile nello stato attuale delle nostre cognizioni. Quando avrem messo a contributo e l'archeologia, e la linguistica, e la storia, per dedurre ciò che possa servire alla geologia dell'êra antropozoica; troveremo che quanto v'ha di positivo si riferisce, piuttosto che all'uomo, all'uomo d'Europa: è molto se diciamo agli abitatori delle regioni circummediterranee.

Questi capitoli riguardano dunque, più che altro, l'êra antropozoica in Europa. A tempo e luogo accenneremo alle scoperte che si fecero altrove, e cercheremo di stabilire delle tesi che abbraccino l'epoca nella sua generalità.

1844. Quali sono dunque i più antichi indizi dell'uomo in Europa? Crederei di perdere il tempo riferendo nelle loro particolarità i fatti, coi quali si pretese di stabilire l'esistenza dell'uomo terziario. Aspettiamo almeno che sia decisa la questione della convivenza dell'uomo colle specie estinte, le cui reliquie sono sparse nelle più superficiali alluvioni, di cui parleremo più tardi. Vedremo allora se meritano qualche considerazione le vedute di quelli, che fanno l'uomo contemporaneo di un mondo estinto, e abitatore, vorrei dire, di continenti, che non erano ancora comparsi. Questa violazione di tutti i principî della geologia e della paleontologia movono a dispetto chiunque abbia delle convinzioni scientifiche. Del resto le vantate reliquie dell'uomo terziario sono selci scheggiate, ossa spezzate, ammaccate, scalfite, citato come indizio di lavoro umano, quasi l'uomo soltanto avesse la facoltà di scheggiare o di scalfire le roccie e gli ossami; quasi non vi fossero anteriori all'uomo che roccie e fossili intatti. Nè meno ridicolo indizio dell'uomo terziario sono certi avanzi di scheletri umani, di quello, p. es., che trovossi sepolto nella parte più superficiale delle argille marine plioceniche, come un altro potrebbe trovarsi nelle marne paleozoiche.[1] Nulla di più fatale alla scienza di quella leggerezza, con cui si accolgono e si proclamano i fatti più incerti e le tesi più assurde, solo che abbiano vista di contraddire alle credenze religiose. Del resto i congressi preistorici, col riserbo e colla indifferenza con cui gli uomini serî hanno accolto questo genere di communicazioni, serbando il loro ingegno per cose migliori, hanno giudicato come si conveniva la scoperta dell'uomo terziario. Una cosa, secondo me, deve tenersi ben fissa nella mente quando si trattano tali questioni, ed è questa, che l'uomo, dove esiste realmente, afferma sè stesso troppo facilmente, perchè possa pigliarsi un equivoco circa la sua presenza. L'uomo, come ho detto, moltiplica meravigliosamente sè stesso nelle opere della sua industria. Un anno soltanto che egli si stabilisca in un luogo, e tutto vi afferma indubbiamente il suo soggiorno. Vedremo in seguito, che dove l'uomo realmente appare, i non dubbi avanzi della sua industria vi si raccolgono a migliaja, e, se ve n'ha uno che ci lasci incerti circa la sua esistenza, ve ne hanno cento che con certezza l'affermano.

1845. Quanto si disse dell'uomo terziario si può ripetere a un dipresso

[1] *Atti della società italiana di scienze naturali*, volume XI, pag. 416.

dell'uomo glaciale. Qui tuttavia i geologi che ne proclamarono l'esistenza trovano una scusa plansibile nella difficoltà di segnare i limiti di quell'epoca. Un'altra difficoltà che incontrano è qnella di stabilire gli equivalenti di detto terreno; poichè nel terreno glaciale propriamente detto, ossia nel detrito morenico, è piuttosto impossibile che improbabile lo scoprire o reliquie organiche o avanzi d'umana industria. Le reliquie umane adunque non possono scoprirsi nel caso che nei terreni equivalenti del terreno glaciale, p. es., negli strati lacustro-glaciali, nelle alluvioni o nei depositi contemporanei dell'epoca glaciale, e la scienza si è poco occnpata fino ad oggi della ricerca di tali equivalenti.

1346. Si è parlato assai di due o tre scheggo di selce rinvenute in Roma nelle ghiaje che formano un regolare deposito fra le argille marine plioceniche a cui sovrastano, e i tufi vulcanici da cui sono ricoperte. Mi sono già espresso per riguardo all'epoca delle sabbie e dei conglomerati che occupano la parte superiore della formazione glaciale, dichiarandoli fuor d'ogni dubbio glaciali (§ 1253, 1254). Ho visitato io pure qnelle ghiaje romane, ed ecco le misure appossimative di uno spaccato, rilevato alle così detto *Cave dei Lanciani*, a Monte Gianicolo, ove si sarebbero scoperte una o due di quelle selci, nelle sabbie o nelle ghiaje che stanno fra le argille azzurre e il tufo vulcanico.

1.^{m} Terriccio vegetale:
2.^{m} Tufo vulcanico:
10.^{m} Sabbie gialliece:
4.^{m} Sabbie con letti di ghiaje a ciottoli rotolati e selci:
6.^{m} Sabbie giallicce, fine, regolarissime:
9.^{m} Argille azzurre regolarissime:

La forma ellittica de' ciottoli, caratteristica delle alluvioni, predomina talvolta: talvolta invece predomina quella dei ciottoli discoidali *(galets)*, regolarissimi, che caratterizza con tanta sicurezza il littorale del mare o dei grandi laghi. Certamente trattasi d'un deposito d'estnario che veniva a sovrapporsi agli strati marini pliocenici, avvicinati al lido per effetto del sollevamento. Quelle sabbie e quelle ghiaje rappresentano per me l'epoca glaciale molto più sicuramente che le sabbie subapennine in genere. Sarebbe in qnelle sabbie anzitutto che si scoprono gli avanzi del prototipo della fauna glaciale, cioè dell'*Elephas meridionalis* del bacino glaciale di Leffe, trovato del resto anche nelle sabbie piacentine. Quanto al terreno vulcanico che ricopre le sabbie del Gianicolo, dimostreremo più tardi come i vulcani romani non cominciarono a erompere che al chiudersi del periodo pliocenico, o anche in epoca a noi più vicina. La grande formazione vulcanica, che si distende fra l'Apennino e il littorale

di Roma, principalmente i gruppi di Bolsena e di Bracciano, rappresenterebbero a preferenza l'epoca glaciale. Ma l'attività di quei vulcani cessò ben tardi, e l'uomo potè assistere sicuramente alle ultime eruzioni. Questo riguarda specialmente il gruppo dei vulcani laziali, dai quali si deve principalmente ripetere il materiale vulcanico, che forma il soprasuolo dei colli di Roma. Come risulta dagli studi del signor Stefano De-Rossi, l'attività dei vulcani laziali appartiene quasi indubbiamente alla storia, con tutta certezza poi alle epoche più avanzate dell' uomo preistorico. Di ciò diremo meglio più tardi; ma intanto possiamo ritenere che i tufi del Gianicolo si adagiano fra il glaciale e lo storico. Il glaciale sarebbe dunque, anche per posizione stratigrafica, rappresentato dalle ghiaje e dalle sabbie prevulcaniche della città di Roma, e quelle selci lavorate starebbero come testimonî dell'uomo glaciale. Tutto sta che siano lavorate davvero. Ma a questo proposito pare che il prof. Ponzi non abbia molto a lodarsi del commune consenso degli scienziati, a cui presentò quelle selci come non dubbî avanzi di umana industria. Il citato De-Rossi in un *Quadro sinottico dei monumenti paleoetnologici dell'Italia media*, presentato al Congresso preistorico di Bologna, e di cui non possedo finora che una copia manoscritta, si lagna che l'*Annuario scientifico del* 1870 gli attribuisca erroneamente la pubblicazione di armi in silice, rinvenute nelle ghiaje marine (?) di Roma. L'equivoco, dice il De Rossi, sta in ciò, che il prof. Ponzi, il quale ha pubblicato quelle pretese selci lavorate, accenna che una di esse gli è stata communicata da lui, aggiungendo di averla serbata inedita, finchè nuove scoperte avessero potuto avvalorare col confronto il primo e incerto trovamento. Continuando poi a parlare di quelle selci (e sono due soltanto), dice che quella scoperta esige nuove verifiche di fatto, per accertare se quelle selci siano tagliate artificialmente, cosa di cui molti paleoetnologici dubitano, e cita, p. es., il signor De Verneuil. Crede necessario inoltre di verificar meglio per amendue i trovamenti, se lo strato donde uscirono quelle selci, scoperto in due punti delle sponde quaternarie del Tevere, sia veramente la ghiaja intatta, anteriore alla corrente diluviale, che io direi piuttosto alluvione archeolitica.

1347. Il lettore sarà già quindi persuaso che sopra due schegge, di cui è dubbia la giacitura, del pari che l'artificio, non vale la pena di fondare un sistema. Del resto vidi io pure le celebri selci. Se l' uomo soltanto potesse scheggiare la selce, mi sarei fatto la questione se quelle selci erano veramente lavorate. Ma quelle selci mi parvero così informi, che di simili se ne possono avere dovunque esista della selce fra un mobile deposito. Pochi giorni prima che io arrivassi a Roma il sig. ing. Giordano, inclinatissimo ad accordare a quelle selci tutto il valore che il prof. Ponzi

aveva loro attribuito, aveva passato delle buone ore a frugare nelle ghiaje del Gianicolo; ma finì col perdere anche quel po' di convinzione che ci aveva portato. Ciò tuttavia non mi scoraggiò dal ripetere anch'io le stesse indagini nello stesso luogo, in compagnia dell'ing. Angelo Alessandri. Io non ebbi certo a perdere nulla delle mie convinzioni circa l'inutilità di cercare l'uomo fossile in un deposito, che di tanto precedette l'epoca dell'uomo: ebbi invece a veder accresciuta quella convinzione, giustificata da troppo numero di fatti, che in queste indagini, cioè, si è proceduto finora con straordinaria leggerezza. Giovi al lettore sapere che in quell'immane deposito, d'indole fluvio-marina, la selce vi figura come uno degli elementi più abbondanti. Si trova abbondantissima tanto sotto forma di ciottoli rotolati, come in forma di schegge, generalmente assai minute. Io raccolsi un gran numero di quelle schegge, le quali non si distinguerebbero per nessun modo da quelle che si otterrebbero frantumando la selce con uno stromento qualunque. Qual maraviglia che fra tanti milioni di schegge se ne trovasse un pajo che presentasse qualche somiglianza con alcuni dei più rozzi incunabuli dell'arte umana, p. es., con una punta di freccia? Ma è già concedere troppo il dire che le due schegge, pubblicate dal Ponzi, si assomigliano ad alcuno dei più rozzi prodotti dell'industria archeolitica. A me non parvero che schegge, e schegge tali che mi sembra di aver veramente abusato del tempo, occupando me e il lettore di futilità, che possono forse portare gran danno all'andamento della scienza, utile giammai!

1348. I primi indizi certi dell'uomo sono quelli dell'uomo postglaciale. Sono già per noi molto valevoli gli argomenti negativi che possiamo addurre a suffragio di questa opinione. Nessuna traccia nè d'uomo nè d'umana industria fu scoperta fino ad oggi in un terreno che sia certamente dell'epoca glaciale: nessuna, in quei vasti e profondi depositi fluvio-glaciali, che colmarono, p. e., i grandi bacini della valle Adrara, di Leffe, della valle Borlezza e di tante altre valli nella regione prealpina, conservandoci così intatto e così abbondanti le reliquie della flora e della fauna glaciale. Così è dovunque. Mentre il terreno glaciale ha così vasta estensione in Europa ed altrove, ed è ovunque profondamente eroso dalle correnti, e scavato come deposito di ciottoli, di ghiaja e di argille; nè alcun indizio d'uomo vi si scoperse, nè fu visto mai sovrapporsi ad alcun deposito caratterizzato dalle umane vestigia. L'universalità di questo fatto negativo ha valore di un argomento positivo, che induce la più ragionevole certezza. Del resto ove appena si presentano reliquie umane in rapporto col terreno glaciale, la loro posteriorità appare anche indubbiamente. La valle dell'Ouse, presso Bedford, è una valle d'erosione,

scavata nell'*argilla ciottolosa (Boulderclay)*, deposito evidentemente glaciale. In fondo all'erosione, anzi sui nudi strati dell'oolite, trovasi un deposito alluvionale, con ossami d'elefante, conchiglie marine e strumenti di selce. Il tutto sincronizza le ghiaje di Bedford colle alluvioni della Somma. Se esse alluvioni presero il posto lasciato dal terreno glaciale, esportato dall'erosione, sono più recenti del terreno glaciale. « Gli spaccati di Bedford, scrive Lyell, ci hanno fatto dare un passo avanti, cui non ci avevano permesso gli spaccati d'Amiens e di Abbeville. Ci insegnano che coloro, i quali foggiarono quegli utensili in selce, e i mammiferi loro contemporanei, erano tutti postglaciali. »[1] Gli stessi fatti e quindi le stesse deduzioni si traggono dalle vicinanze di Icklingam (Suffolk). Ancora più evidente è la posteriorità del deposito di selci primitive di Hoxne nel Suffolk. Le sabbie con conchiglie d'acqua dolce, elefanti, e selci lavorate in tal numero, che vi fecero supporre una fabbrica di armi, riposano superiormente al terreno glaciale, coll'intermedio di letti torbosi e argillosi coi fossili suddetti, ma senza selci lavorate.[2] Ricorderemo anche il rozzo ornamento di *cannel-coal*, trovato alla profondità di circa 12^m nella formazione d'estuario nell'Ayrshir; esso riposava quasi alla superficie del terreno glaciale.[3]

1349. Ritenuto che l'uomo sia comparso posteriormente all'epoca glaciale, resta a vedersi se lo sia anche posteriormente al periodo dei terrazzi. La risposta è difficile, dovendosi in ogni modo considerare il periodo de' terrazzi come un'epoca di transizione fra il glaciale e l'antropozoico. Ho già tuttavia dimostrato poc'anzi (§ 1325) che una parte almeno dei terrazzi sia un lavoro anteriore alla comparsa dell'uomo. L'uomo venne a stabilirsi principalmente nelle regioni terrazzate, come quelle che meglio si prestano alla coltura e allo stabilimento di grandi società. Al tempo stesso vi sono alluvioni terrazzate (p. es. a Roma) zeppe di reliquie di umana industria. Dunque l'uomo ha assistito per lo meno alla formazione degli ultimi terrazzi. Ma non potremo dire nulla di decisivo, fin a tanto che non avremo riferito le principali scoperte relative all'uomo primitivo. Mettiamoci dunque tosto in tali indagini.

1350. Osservando dove compajono entro il terreno reliquie di umana industria, troviamo che esse appartengono ovunque a depositi superficiali, certo recentissimi, marini o terrestri che sieno. Il poco spessore di quei depositi, e la loro dispersione in gruppi affatto speciali, non permettono

[1] *De l'ancienneté de l'homme*, pag. 173.
[2] *Ivi*, pag. 175.
[3] *Ivi*, pag. 57.

di stabilirvi una serie su base a dati stratigrafici. Se l'antichità dell'uomo potè, dietro gli ultimi risultati della scienza, spingersi oltre i termini delle più antiche palafitte, e in genere al di là di quella che fu detta *epoca della pietra*, ciò si ottenne coll' applicazione di criteri piuttosto paleontologici che stratigrafici. L'uomo delle caverne de' Pirenei e l'uomo delle alluvioni della Somma, è ancora l'uomo della superficie, al pari, e talor più ancora, dell' uomo dei laghi e delle torbiere, dell' uomo dei calcari della Guadalupa, anzi di tante antichità egizie, etrusche, greche e romane, sepolte talora a considerevoli profondità sotto il detrito delle frane e delle alluvioni. Ma se le generazioni dei tempi storici, unite per insensibili transizioni alle generazioni delle età preistoriche del bronzo e della pietra, ebbero a compagni e schiavi quegli animali stessi che costituiscono la fauna vivente; ebbervi altre generazioni, che vissero forse con animali di specie ora estinte, col gran orso delle caverne, col mammouth e con altri, o con specie migrate da lungo tempo di cui non si trovano nemmeno le reliquie nelle più antiche palafitte, o nello strato più profondo degli *Skovmoses*. Quegli uomini primi dissero futuri i tempi che noi dicemmo finora antichissimi. La questione è dunque tutta paleontologica, e per trattarla conviene anzitutto prendere conoscenza dei principali rappresentanti di questa fauna, mista di specie estinte e di specie da lungo tempo migrate dai confini dell'Europa, o almeno dai luoghi ove si scoprono gli avanzi di un'antichissima razza di aborigeni che l'Europa abitarono. Le principali specie estinte sono:

Ursus spelæus Rosenm. (Orso delle caverne).
Felis spelæa Godf. (Tigre delle caverne).
Bos primigenius Boj (L'Uro degli antichi).
Cervus megaceros Cuv. (Cervo dalle corna gigantesche).
Elephas primigenius Blumb. (Mammouth).
Rhinoceros tichorhinus Cuv.

1351. L'*Orso delle caverne* ci è già noto come la specie più caratteristica delle *caverne ossifere* d' Europa appartenenti all' epoca glaciale (§ 1236 e seg.). È assai commune in Inghilterra, Francia, Germania, Italia, ecc.

La *Tigre delle caverne*, più grossa della tigre del Bengala, appartiene anch' essa alla fauna delle caverne, ed è ugualmente sparsa in Europa nei paesi citati.

L'*Uro*, o *Bue primigenio* è un altro rappresentante della fauna glaciale che noi trovammo fossile ad Adrara (§ 1212) ed è, come tale, comunissimo in Europa. Già abbiamo accennato come questa specie fu vista combattere negli anfiteatri romani. Si ritiene vivesse ancora nel secolo XVI in Svizzera.

Il *Cervo dalle corna gigantesche* (*Cervus megaceros* Cuv.; *Cervus euryceros* Aldevr.; *Megaceros hybernicus*) vantava dal piede alla semmità delle corna un'altezza di 10 a 11 piedi : di 8 piedi era l'apertura delle cerna. Si pretende abbia vissute ne' tempi storici in Eurepa: ma nessun valide argemento, ch' io mi sappia, lo prova. Fossile è invece cemmune in Eurepa e communissime nelle torbiere d' Irlanda, deve se ne estraggono scheletri interi.

1352. I pretagonisti della fauna pesterziaria d'Europa sono gli elefanti ed i rinecorenti. Delle due specie più interessanti, cieè del *Mammouth* (*Elephas primigenius*) e del *Rinocerente ticorino* (*Rhinoceros tichorhinus*)

Fig. 162. Elephas primigenius o Mammouth.

si ebbe la buena sorte di cenescere, lo scheletro nen sole, ceme è il case di quasi tutti i mammiferi fossili, ma le parti melli o fin la figura esterna. Vedremo di quanta importanza divenne per questieni di tutta attualità una scoperta che rimenta ai tempi di Cuvier.

Gli ossami e le zanne di grossi mammiferi, specialmente di elefanti, sene così abbendanti e così superficiali in Siberia, che gli abitanti di quelle regieni sentireno il bisogne di renderseno regienc ad egni patto. Quegli ossami apparteneváne dunque ad un animale chiamato *Mammonte* e *Mammouth*, animale sotterraneo ceme la talpa, e che moriva sull'istante appena mirasse la

luce. Fatto sta che i resti degli elefanti fossili, ossia dei Mammouth, vi si trovano così abbondanti, che l'avorio ancora freschissimo costituiva e costituisce un ramo importante di commercio d'esportazione. Già più volte erasi narrato come quegli animali fossilizzati conservassero ancora delle parti molli, per effetto del gelo che ne aveva impedita la corruzione; ma la cosa fu posta fuor di dubbio da una scoperta che al principio di questo secolo produsse una profonda impressione, e servì mirabilmente a popolarizzare le idee geologiche.

Nel 1799 un pescatore tonguso scôrse alle foci del Lena, in riva al mare glaciale, un qualche cosa d'informe che traspariva da una massa di ghiaccio. Rivide quella massa nell'anno seguente, ma non potè nulla decifrare. Al terzo anno finalmente la massa di ghiaccio s'era in gran parte squagliata, e un colossale elefante già ne sporgeva il fianco ed una delle zanne. Fu però solo il quinto anno che, il ghiaccio essendosi sciolto interamente, il poderoso animale rimase sulla costa, rovesciousi sopra un banco di sabbia. L'animale era intatto e fresco come fosse morto da qualche giorno, e i cani e le fiere fecero lauto pasto di quelle fossili carni. Fu solo il settimo anno che Adams, dell'Accademia di Pietroburgo, si recò sul luogo. Lo scheletro era intero, e parte della pelle era ancora intatta. La pelle era coperta di crini neri e di lana rossastra. Più di trenta libbre se ne raccolse dacchè gli orsi bianchi, divorando le carni, avevano il pelo sepolto nell'umido suolo. Il collo era coperto da lunga criniera.[1]

1353. Anche il Rinoceronte d'Europa (*R. tichorhinus*) fu scoperto intiero, in carne ed ossa, in Siberia, dove è assai abbondante, nel 1771. Abbonda pure nelle caverne d'Inghilterra e Francia, e nelle alluvioni. Anch'esso era animale lanoso e crinito.

1354. Non meno interessanti sono le specie migrate, che hanno cioè abbandonato vastissime regioni, ove si trovano le loro reliquie con quelle dell'uomo. Le principali sono:

Castor Europaeus (Castoro).
Xyaena crocuta Linn. (Jena del Capo).
Ovibos moschatus (Bue muschiato).
Bison priscus Boj. (Bisonte, *Bos priscus*).
Cervus Alces L. (Alce).
Cervus tarandus L. (Renna).

[1] A quanto riporta il signor Brandt (*Beitr. z. Naturgeschichte d. Elem.* pag. 43 nelle *Mém. Acad. Imp. de St-Petersb.*, XVI 1870) circa il rinvenimento delle reliquie del Mammouth in Siberia, questa storia sarebbe inesatta. Egli dice che i corpi dei Mammouth e dei Rinoceronti lanuti (*büschelharige Nashörner*), cioè dei *Rhinoceros tichorhinus* si trovarono nel fango dei fiumi, dove si erano pel proprio peso affondati. Quel fango si converse in suolo gelato formando, per successive sovrapposizioni di strati, il suolo gelato (*Eisboden*).

Il *Castoro* è specie glaciale, e l'abbiamo trovata nel bacino lignitico di Leffe (§ 1220). Richiamando ciò che in parte abbiam detto allora, il *Castoro d'Europa* era un tempo assai diffuso in Ingbilterra. Se ne trovarono le reliqnie sia nelle palafitte della Svizzera, sia in quelle di Varese. Attnalmente questa specie è quasi spenta. Gli nltimi rampolli sono squartierati snlle rive del Danubio in Baviera ed in Austria, sul Gardone e snl Rodano in Francia, e sni piccoli fiumi della Vestfalia. Vuolsi però una semplice varietà del Castoro cho vive a torme al Canadà.

La *Jena del Capo* (H. crocuta), fossile nello caverno di Sicilia o di Gibilterra, abita ora il mezzodì dell'Africa. Il *Bue muschiato* (Ovibos moschatus) è fossile nell'America settentrionale e in Inghilterra, Germania, Belgio. Fu scoperto nelle caverne dol Périgord (Francia meridionale). Al presente è rilegato nell'America artica, o non passa mai il 60.° Secondo le osservazioni di Lartet si avanzava anticamento 15 gradi più a snd in Europa. È specie in via di spegnersi. Gli Esquimesi dollo stretto di Smith vogliono che abbia abbandonato le loro terre (Groenlandia e terra di Grinnel) col cominciamento della presente generazione. Però si incontra ancora a truppe presso la baja di Hudson, e nelle isolo di Melville e di Banks.

Il *Bisonte* si trova fossile nell'America settontrionale, come in Inghilterra, Germania, Svizzera, Italia. Il *Bison priscus* (*Bos priscus*, *Bos bison*) è ritenuto da Owen, Dana, Desor, ecc. il Bisonto incontrato da Cesaro nelle Gallie, e descritto come villoso e crinito. Era pnr esso assai sparso in Europa; ma ora è confinato nelle foresto della Lituania (impero russo), dove è mantenuto dalla protezione dell'uomo. Da alcnno vnolsi ancora esistente nel Cancaso. Il Bisonte e l' Uro (*Bos primigenius*) comparvero insieme, come abbiam detto (§ 1212), a dare spettacolo di sè negli anfiteatri romani.

L'*Alce*, tipo marcatissimo,[1] che si stacca dai Cervi più decisamente cho il *Renna*, è una delle specie più interessanti nella sezione dello *migrate*. È specie vivente, anzi assai sparsa in tutti i continenti. Occupa le fredde regioni dell'Asia; in America si distende dal 37° al 60° di latitudine nord, e in Enropa dal 54° al 65°. I paesi da essa occnpati attualmente sono infatti, nell'Asia, la Siberia, la Tartaria, l'Altai, il Baikal; in Europa, la Svezia, la Norvegia, la Polonia, la Lituania, la Prussia, la Russia, la Lapponia e tutte le regioni del Mar Bianco al Caucaso; in America, la Virginia, la Nnova Inghilterra, il Canadà fino alla baja di Hudson, che vuolsi suo paese nativo.

[1] BRANDT J. F., *Op. cit.* (Mém. Acad. Imp. S. Petersb. XVI 1870.)

I resti dell' Alce ne' così detti strati diluviali o alluvionali e nelle torbe, scopronsi in Europa sopra una estensione che abbraccia da nord a sud la Scandia e l' Italia settentrionale; da ovest a est la Francia e l' Altai. Abbondano in Lombardia e nella Svizzera, dove vuolsi che l' Alce abitasse ancora al tempo della guerra punica. Si trovano in Francia, dove pare ugualmente vivesse l' Alce in tempi storici poichè è descritta da Pausania come abitatrice dei paesi dei Celti. Si raccolgono in Irlanda e nella Scozia, coi resti di *Urus* e di *C. megaceros*, in Danimarca, nel Jutland e nella Svezia. L' Alce fossile abbonda poi singolarmente in Germania, e di là si segue in Polonia, Ungheria, Russia europea, Siberia, metà meridionale dell' Asia, e nord America.[1] Del *Renna* si trovano pure abbondanti gli ossami nell' Europa centrale. Tutto il mondo sa non pertanto che il Renna è ora l'animale della Lapponia e delle più nordiche contrade; è il confederato dell'uomo, ospite tra le nevi e i ghiacci circumpolari. Al tempo di Cesare il Renna frequentava ancora, migrando dalle regioni più settentrionali durante l'inverno, la foresta Ercinia, cioè la Germania che comprende i tre alti bacini del Danubio, del Reno e dell' Elba.

1355. Le indicate specie, estinte o migrate che sieno, ci forniscono naturalmente dei criteri per fissare l'antichità relativa dei depositi umani. Non tutte però hanno sotto questo rapporto l'uguale valore. Quelle che si estinsero da poco, che vissero p. e. in epoca storica, non possono servire a classare depositi di antichità preistorica. Perciò non terremo gran conto del *Bos primigenius*. Lo stesso, e con maggior ragione, si ripeta delle specie viventi, benchè dicansi migrate. Trattandosi però la questione dell'origine o dell'antichità relativa dell'uomo in Europa, e principalmente nell' Europa meridionale o centrale; il fatto dell'emigrazione, in quanto ha preceduto l' epoca storica, può darci qualche criterio applicabile alle epoche preistoriche. L'emigrazione della Jena del Capo, p. es., dall'intera Europa precede ogni ricordo storico. Del Renna si sa, o almeno si crede sapere, che frequentava, come abbiam detto, ai tempi di Cesare la Germania, fino ai versanti settentrionali delle Alpi. La coesistenza dunque dell'uomo colla Jena del Capo potrà darci un criterio per stabilire la relativa antichità preistorica dell' uomo in tutta Europa; e la coesistenza col Renna potrà darci un criterio soltanto per stabilire la relativa antichità preistorica dell' uomo nelle regioni più meridionali d' Europa.

1356. Meglio delle altre però serviranno all' uopo le specie estinte, di

[1] Brandt, *Op. cit.* — Questo autore però ritiene sieno da riferirsi all' Alce tutti i resti appartenenti al terreno glaciale o diluviale, alle alluvioni o alle torbe delle indicate località, menzionati sotto i diversi nomi di *Alces leptocephalus, savinus, resupinotus, fellinus, palmatus, fossilis.*

cui non resta alcun ricordo storico, mentre se ne trovano gli avanzi in depositi antichissimi, nelle caverne e nelle alluvioni riferibili all' epoca glaciale, o in altri, forse più recenti, ma dove l'uomo non fa ancora atto di presenza. Fra le specie estinte poi, importantissime, sotto il nostro punto di vista, sono quelle le quali, confrontate non soltanto coll'uomo, ma con tutta la fauna vivente in Europa, figurano come una mostruosità, come una eccezione, e recano anche in questo un argomento di remotissima antichità. Alludo principalmente all'*E. primigenius* e al *R. tichorhinus*, i quali saranno non dubbi indizi di una grande antichità dell'uomo che si trovasse per avventura aver vissuto con essi. A questi argomenti paleontologici positivi di una grande antichità umana, aggiungi i negativi, cioè le specie domestiche, che mancano dove sono le specie estinte o migrate, e abbondano ove quelle non sono. L'uomo che viveva in compagnia delle bestie, di cui si serve ancora l'uomo presente, è sicuramente più moderno dell'uomo che quelle specie non conosceva. Sono infine queste specie estinte, o da lungo tempo migrate, in confronto di quelle che vivono ancora o anche servono all' uomo in Europa, che ci permetteranno di distinguere con molta nettezza due periodi preistorici successivi, cioè:

La prima età della pietra, ossia l'età del Renna, o forse delle specie estinte suddette, considerate come contemporanee dell' uomo in Europa.

La seconda età della pietra, ossia degli animali domestici.

1857. Ai dati paleontologici aggiungansi, come ausiliari, i dati archeologici, cioè i fatti che rivelano usi e costumi, da cui si desume un grado maggiore o minore di civilizzazione o di barbarie. Tali argomenti saranno però sempre subordinati agli altri, a cui si appoggia il geologo, perchè, come avremo migliore occasione di dimostrare, la graduazione della barbarie o della civiltà non si può prendere immediatamente come misura cronologica. Tuttavia l'introduzione dei metalli, e principalmente di quella lega che si chiama bronzo, segnando un grado di civiltà molto maggiore di quella posseduta dagli uomini, che in Europa facevano uso soltanto di armi e di utensili di pietra e di osso, e portandoci, con trapassi quasi insensibili, ai confini dell' epoca storica, permise di stabilire con tutta certezza un terzo periodo preistorico, cioè *l'età del bronzo*.

Vediamo ora, coll' applicazione dei criterî stabiliti, quali depositi rappresentino in Europa la prima età della pietra, ossia l'*epoca neolitica*. Ci atteniamo dapprima alla semplice esposizione dei fatti, riservandoci di dedurne più tardi le conseguenze.

1858. Sarebbe inutile sfoggio di erudizione il perderci a provare quanto dissi più sopra, che cioè in tutti i tempi e in tutti i luoghi l'uomo abitò, o almeno visitò, le caverne, e ch'esse erano in tempi antichi preferito come

luoghi di sepoltura. La storia, l'archeologia, gli studi etnografici in genere lo attestano per l'Europa del pari che per l'Asia e per l'America. L'uomo ha potuto in tutti i tempi disputare un covo all'orso ed alla jena, un cimitero di belve trasformare in necropoli, o abitare tranquillo la caverna, vuota degli ospiti antichi.[1] Come facilmente un teschio umano, od uno strumento d'umana industria, potranno trovarsi accanto ad una mascella di jena, che vanta molti secoli di priorità! Ma tale scoperta non avrà nessuna importanza, salvo nel caso che si verifichino tali condizioni da permettere di determinare l'età relativa dei diversi fossili coll'applicazione dei diversi principî, che si possono dedurre dalla geologia, dall'archeologia, o dalla storia. La questione va dunque decisa sul campo pratico, e in seguito ad una critica dei fatti, che non può mai essere eccessivamente rigorosa. Ora è un fatto che si scopersero abbondanti reliquie di umana industria associate ai resti d'animali di specie estinte o migrate; che si scopersero anzi vasti depositi, zeppi, o meglio composti in gran parte, di ossami di specie viventi o estinte, e di reliquie di un'industria tutto primitiva, senza alcuna miscela di oggetti che accusino un'arte e un'industria, di cui possano dirci qualche cosa l'archeologia e la storia. Quei depositi sono pertanto antichissimi, anteriori alle epoche fissate dalla archeologia e dalla storia.

I depositi accennati furono segnalati in gran numero in Francia, e assorbirono in questi ultimi tempi l'attenzione dei più distinti geologi, provocando tali dissensi, accendendo tali dispute, che gli studiosi d'ambo le parti dovettero recare nella disamina de' fatti quella critica scrupolosa, diffidente, che può apparire talvolta superflua e fin ridicola, ma che ha per effetto di presentare dei fatti depurati, che servono di base sicura alle induzioni. Non farò cenno che delle scoperte cui io ritengo più decisive.

1359. Pochi anni or sono un operajo di Aurignac (sud della Francia, alle falde de' Pirenei) visti i conigli inseguiti rifugiarsi entro un angusto foro, cacciatavi la mano, ne ritirò un lungo osso d'uomo. Rimossa una piccola frana, quindi una pietra, che difendeva l'ingresso di una piccola caverna, questa trovò piena di scheletri umani. Se ne contarono almeno 17, e furono religiosamente sepolti nel cimitero. Il signor Lartet visitò la caverna qualche anno dopo l'avvenimento, cioè nel 1860. All'ingresso della caverna, eravi un certo spazio coperto di ceneri e di carboni che offriva tutti i caratteri di un antico focolare. Sparsi fra le ceneri e il terriccio scoprì almeno un centinajo di oggetti lavorati in selce ed altri in

[1] A Modica, in Sicilia, un gran quartiere della città consta, non di case, ma di caverne naturali, ove abitano, mi si disse, forse 10,000 persone.

osso, o corno di renna e di capriolo. Associati a quegli utensili trovavansi degli ossami in quantità, cui potè riferire alle segnenti specie:

Viventi anche nelle regioni meridionali d'Europa.

Ursus arctos (Orso delle Alpi)	*Canis vulpes* (Volpe)
Meles taxus (Tasso)	*Equus caballus* (Cavallo)
Putorius vulgaris (Donnola)	*Equus asinus* (Asino)
Felis catus (Gatto)	*Cervus elaphus* (Cervo)
Canis lupus (Lnpo)	*Cervus capreolus* (Capriolo.)

Migrate.

Cervus tarandus (Renna)	*Bison europæus* (Bisonte.)

Estinte.

Ursus spelæus (Orso delle caverne)	*Rhinoceros tichorchinus* (Rinoceronte lanuto).
Hyæna spelæa (Jena delle caverne)	*Megaceros hibernicus* (Cervo dallo corna gigantesche).
Elephas primigenius (Mammouth)	

Tutto dava indizio, al di fuori, di umani banchetti, alternati con pasti di fiere. Le jene erano venute certamente a razzolare col lurido grifo in quei rifiuti.

Nell' interno della grotta invece tutto era evidentemento ordinato ad arte. Oltre agli scheletri umani, cui dissimo già estratti, si rinvennero altri ossami d'animali. Una gamba d'orso, denti di leone (*Felis spelæa*) e di cignale, un calcagno d'elefanto, il solo roso certamente prima che vi fosse rinchiuso, un dente di *orso delle caverne* foggiato in forma di testa d'uccello, un coltello di solco e via via.

1360. Eccovi adunque in un sepolcro ben chiuso associato l'nomo all'elefante; eccovi, in quei rifiuti di cucina, associato l'uomo ad una schiera di specie estinte, all'orso delle caverne, al mammouth, al rinoceronte ticorino. Certamente se questa splendida scoperta, forse la prima fatta da Lartet, fosse la sola di questo genere, meriterebbe di venire discussa a tutto rigore di critica, come non manca di fare l'autore nella sua Memoria sulla caverna di Aurignac. Ma siccome altre cento vennero poi, le quali, come questa e meglio, provano la coesistenza delle reliquie dell'uomo coi resti di specie estinte di animali; rimanderò gli increduli al libro di Lyell *Sull'antichità dell'uomo*, alla raccolta di memorie originali pubblicato col titolo di *Appendice* all'opera suddetta e, per le più recenti scoperte, al periodico che si pubblica da parecchi anni, sotto il titolo di *Matériaux pour l'histoire de l'homme*, ecc. Io non proseguirò che a citare alcuni altri fatti più saglienti e più decisivi a conferma della suddetta associazione.

1361. Le caverne, i focolari e le selvagge mense, ove ostinatamente si associano l'uomo, il renna e il mammonth, divennero in breve per le regioni meridionali della Francia ciò che per la Danimarca i *kjökkenmöddings*, per la Svizzera le palafitte, per l'Italia le *terramare* e le antiche necropoli. Le scoperte si succedettero e si succedono rapidamente in guisa che è grave cómpito tenersene al corrente. A Lartet specialmente n'è debitrice la scienza. Il pavimento di un gran numero di caverne alla base dei Pirenei consta di una specie di breccia, che risulta di uno strano conglomerato, di selci lavorate, di ossami di jena e di orso delle caverne, di renna, di mammonth, ecc. Serva di tipo la grotta di Eyzies. È una spelonca assai vasta, il cui suolo trovossi coperto di una breccia assai dura, composta di una ben singolare miscela di oggetti. Le selci lavorate ne erano uno degli elementi constitutivi, gli ossami l'altro. Ai coltelli di selce, ai nuclei (*blocs-matrices*), cioè ai pezzi di selce, da cui s'erano staccate le schegge convertite in *cultri*, si aggiungevano frecce d'osso di renna. Una vertebra di renna era passata da parte a parte da una punta di selce. Il renna era del resto rappresentato da abbondantissimi ossami a cui si associavano resti di cavallo, bue, camoscio, cervo, leone delle caverne, elefanti, uccelli e abbondantissimi pesci. Le ossa cilindriche erano fesse per estrarne il midollo; nulla però di roso, in guisa che accennasse o fiera, od animale domestico. Il fatto più singolare si è che, sopra una lamina di schisto quarzifero, figurava inciso a graffito un animale erbivoro.

Al di fuori della caverna, o diciamo meglio, in tutta la circostante regione, si scopersero quelle stazioni, di cui ci porse la prima idea l'ingresso della caverna di Aurignac. Non starò a disegnarvele ad una ad una, come fa scrupolosamente Lartet: un cenno soltanto su quanto presentano di più interessante. Trattasi ancora di uno strato breccioso, talora superficiale, talora coperto da più recente detrito, e offrente un impasto approssimativamente eguale a quello delle caverne. Tali strati o stazioni occupano talora vaste estensioni. La più famosa, la stazione della Laugerie-Basse, (Dordogne), ha una lunghezza di 400 metri. Oltre il solito spreco di selci e la solita miscela d'ossami (fra i quali abbondano gli ossami di renna, e si riconoscono molari di elefante) scoprissi un vero opificio di oggetti, fabbricati in corno di renna. Sono essi abbondantissimi e in varia guisa segati. Vi si distinguono frecce e arpioni crudelmente uncinati, che richiamano le lancie ugualmente uncinate dei selvaggi dell'Oceania, armi fabbricate con osso di renna e coperte di incisioni, amuleti ed altri oggetti di ornamento. Le palmature delle renne offrirono un piccolo museo d'incisioni a graffito e di basso-rilievi, rappresentanti figure di animali. Il disegno è abbastanza esatto, sicchè uno vi distingue l'uro, il bisonte, il renna, il cavallo, il cervo.

Che più? L'impugnatura di un pugnale in corno di renna è un vero pezzo di scultura di un merito indiscutibile, e figura un renna fuggente.

Simile in tutto alla descritta stazione è quella della Maddalena (Dordogne) dove si raccolsero in buon numero corni di renna, foggiati a guisa di scettri, con larghi fori rotondi ad intervalli, e adorni d'incisioni rappresentanti animali diversi. Altri oggetti rimarchevoli sono un ago in osso assai fino colla sua cruna; un uro assai bene inciso; un pezzo di corno di di renna con figura d'uomo e d'animali diversi; freccie ed arpioni uncinati, come nella stazione precedentemente descritta.

1362. Per finire ciò che riguarda le caverne, abitate dagli antichi cacciatori di renna in Francia, accennerò la grotta di Lourdes (Hautes Pyrénées), avente gli stessi caratteri delle descritte, ma dove trovo una piccola statistica degli ossami, che può servire a darvi un'idea della relativa abbondanza di ciascuna specie d'animali:

Uomo	Individui	N. 1
Volpe	"	" 1
Cignale (*Sus scrofa*)	"	" 1
Cervo (*Cervus elaphus*)	"	" 3
Camoscio (*Rupicapra europœa*)	"	" 1
Stambecco (*Ibex pyrenaica*) . .	"	" 3 o 4
Bue (piccola specie)	"	" 1
Talpa	"	" 1
Topo campagnuolo	"	" 3

Tutte le indicate specie figurano dunque come una eccezione. Communi invece erano gli ossami di cavallo, di renna, e communissimi quelli di bisonte (*Bison europæus*).

1363. Quella razza di trogloditi si estendeva ben oltre i confini della Francia. La caverna di Engis presso Liegi, la Kent's Hole, e la caverna di Brixham in Inghilterra, note assai prima delle caverne di Dordogna, sono quasi un *fac-simile* di queste. Ne riparleremo a miglior uopo più tardi. Da una razza probabilmente contemporanea, i cui costumi però erano naturalmente modificati dalle condizioni locali affatto diverse, era abitata la grotta di Carburanceli nei dintorni della Grazia di Carini (Sicilia) illustrata dal prof. Gemmellaro. Fra le selci lavorate e i rifiuti di pasti umani, distinguonsi ossami di animali viventi, di *Hyaena crocuta* (Jena del Capo), e lamine di molari dell'*Elephas antiquus* (specie spenta). Nelle caverne di Velo nel Vicentino e in quelle del Lunigiano trovò il signor Lioy utensili di pietra, con resti di *Ursus spelaeus* e di *Bos primigenius*. Non credo tuttavia che la loro coesistenza sia abbastanza dimostrata. Del resto ciò

che lasciano d'incerto fino ad ora le caverne, lo vedremo presto dimostrato dalle alluvioni, contenenti le reliquie degli stessi uomini e degli stessi animali.

1364. Prima però di parlarne mi preme di far rimarcare al lettore come non vi sia caso di confondere quei depositi ossiferi antropozoici coi depositi che caratterizzano le così dette caverne ossifere (§ 1236 e seg.). Nel caso nostro non trattasi già di reliquie umane miste eccezionalmente in qualche luogo agli ossami delle *caverne ossifere*, quali sono intese comunemente e come furono da noi descritte. I depositi nelle caverne de' Pirenei sono al tutto artificiali, opera dell'uomo; i depositi delle caverne ossifere sono in tutto l'opera della natura. Là una specie di *humus*, grasso, formante un impasto con ossami generalmente intatti, o rosi dai denti delle belve feroci; qui un *humus* di altra natura, o piuttosto una breccia, formante un impasto d' ossa spezzate o tagliate con appositi strumenti, sovente scolpite, e di utensili e d'armi d'osso e di selce: là dominio assoluto o deciso predominio d' una specie, generalmente appartenente alle fiere; qui mistura d'ogni specie, scarsezza di fiere, predominio di specie erbivore, che offrivano all'uomo più facile e più gradito pasto: là le specie estinte formano regola e le viventi eccezione; qui la regola è per le viventi, per le estinte l'eccezione; là finalmente nessun indizio d' uomo; qui tutto il deposito è, per così dire, deposito umano. Questi fatti, oltre al prestarci altrettanti criteri per distinguere come affatto diversi, per natura o per origine, i depositi delle *caverne ossifere* e i depositi antropozoici delle caverne, ci servono anche in parte a stabilire praticamente, essere i primi dei nominati depositi anteriori ai secondi; dico praticamente, perchè sarebbe un errore il dire, in genere, che i depositi ossiferi delle caverne sono tutti anteriori all' uomo; sarebbe errore più grave l'asserire, che siano tutti contemporanei dell' uomo. Anche qui, come sempre, bisogna dunque distinguere caso per caso. Un primo modo di distinguere le epoche dei diversi depositi ossiferi ci è dato appunto dall'uomo e dagli oggetti d'umana industria. Nessuna traccia d'uomo noi troviamo in quegli immani ammassi di spoglie d'animali che già da gran tempo caratterizzano le caverne ossifere; l'assenza dell'uomo sarebbe già dunque, in linea paleontologica, un carattere che rimanda, in genere, i depositi delle caverne ossifere ad un'epoca più antica dell'uomo. Dico in genere, perchè l'assenza dell'uomo non è, *a priori*, un indizio certo della maggiore antichità del deposito. Un altro carattere che assicura la priorità ai depositi delle *caverne ossifere* è il quasi esclusivo dominio delle specie estinte, di cui alcune soltanto si presentano nei depositi antropozoici delle caverne; e anche queste non vi compajono che in via di ec-

cezione, quasi ultimi superstiti alla strage di un'antica fauna, che viene soppiantata da una fauna novella. Lasciate ora da parte le caverne, veniamo alle alluvioni, continuando però sempre nella semplice esposizione dei fatti.

1365. Nelle alluvioni, più ancora che nelle caverne, s'incontreranno facilmente, necessariamente, reliquie d'uomo e d'umana industria. La presenza di tali reliquie ci darà anzi un criterio per distinguere le alluvioni anteriori, e le alluvioni posteriori alla comparsa dell'uomo in quella data regione. Quanto allo stabilire l'epoca relativa di tale comparsa, la cosa sarà più facile che nel caso dei depositi delle caverne, perchè le alluvioni sono stratificate, e torna possibile l'applicazione dei dati stratigrafici. Quali sono adunque le alluvioni che contengono le reliquie umane più antiche?

1366. Le alluvioni della Somma in Picardia sono ormai troppo famose, per l'associazione, con tanta acrimonia dibattuta e pro e contro, dell'uomo colla fauna posterziaria estinta. Tale associazione sarebbe sancita, non in una sola località, ma in molte (Menchecourt, Saint-Acheul, Amiens, Saint-Rack, Moutiers, Moulin-Quignon presso Abbeville, ecc). I fatti sono esposti minutamente nell'opera di Lyell, *Sull'antichità dell'uomo*. Si riducono sommariamente a questi: 1.° Anteriormente alle torbe della valle della Somma si formò un terreno alluvionale col detrito stesso delle roccie esistenti nella valle, del complessivo spessore da 15 a 21 metri. 2.° In quelle alluvioni si incontrano abbondantissimi ossami di mammiferi di specie estinte. 3.° A quei fossili si associano, in copia prodigiosa, avanzi di umana industria; quasi esclusivamente selci lavorate. Il catalogo delle specie estinte sarebbe una ripetizione di quelle che abbiam dato per le caverne de' Pirenei. La storia della mascella umana di Moulin-Quignon ebbe tanta voga nel giornalismo mondiale che, a furia di acquistare importanza, terminò col diventare ridicola. A pensare che le scoperte di Schmerling nelle caverne di Liegi datano dal 1833, e quelle di Lartet presso la caverna di Aurignac datano dal 1860; non si intende veramente come si menasse tanto scalpore per un mento d'uomo scoperto nel 1863!

1367. Da molti anni il sig. Bucher de Perths frugava e rifrugava il così detto *diluvio* di Abbeville, annunziando al mondo *l'uomo antidiluviano*. Nè la scienza era abbastanza matura, nè Bucher de Perths era l'uomo da farla maturare abbastanza, perchè si apprezzassero le vere scoperte che andava facendo, in mezzo alle molto false che andava colla miglior buona fede regalando. Miglior archeologo che geologo, di continuo alle prese coll'*uomo antidiluviano*, coi *celti* e con altri nomi d'un valore convenzionale (o piuttosto di nessun valore, perchè d'un valore tutto indetermi-

nato) pubblicò voluminosi scritti, i quali non ebbero altro esito che di movere il riso per venir tosto messi in dimenticanza. I progressi della scienza ridestarono dall' oblio anche gli scritti di Boucher de Perths e si trovò che il mondo degli studiosi era stato troppo ingiusto con lui, e che in mezzo al falso, o piuttosto all' immaginoso, esistevano dei veri importantissimi. Importantissimo vero era infatti questo da lungo tempo da lui scoperto, che gli avanzi dell'umana industria giacevano associati alle reliquie di una fauna estinta nelle antiche alluvioni della Somma.

1368. Le prime pubblicazioni di Boucher de Perhts rimontano al 1837; ma fino al 1863 egli non aveva potuto constatare l' esistenza dell' *uomo antidiluviano* della Somma, che per le abbondantissime selci lavorate sparse in quell' alluvione. Il modo con cui Boucher de Perths narra la prima scoperta di vere reliquie umane è tale da destare il dubbio piuttosto che guadagnare la fede. Egli aveva offerto una generosa mancia a chi gli avesse il primo portato un osso umano. Il 23 marzo 1873 eccoti infatti un operajo con un primo dente umano, il 27 con un secondo, poi tosto colla famosa mascella.

1369. Perchè la cosa abbia messo sossopra tutto il mondo scientifico, lo dimando a voi. Un' azza di pietra non valeva ella almeno altrettanto che un mento d'uomo? Si ammettesse il fatto o si negasse, tanto valeva l'ammettere o il negare un osso como un' azza. Ma tant'è: l' uomo antidiluviano era scoperto, e il mondo scientifico, rappresentato dalle celebrità delle più dotte nazioni, accorre a Moulin-Quignon.... a vedere che cosa? La mascella era stata levata, e a quegli scienziati non restava adunque che di fissare gli occhi sul luogo rimasto vuoto. Il dubbio e l'incredulità ebbero i loro campioni, come la fede e la convinzione: si scrisse e pro e contro dagli uomini più eminenti; chi parlò di frode, chi di accidentali miscele, e la cosa si voltò e rivoltò in mille modi. L'argomento è così guasto, che la scoperta di Moulin-Quignon va, per mio avviso, messa in dimenticanza. La scienza non ne abbisogna. Ognuno può recarsi nei dintorni di Abbeville a raccogliere le selci lavorate in quelle alluvioni seminate di ossami degli estinti pachidermi: del resto, la coesistenza delle reliquie dell' uomo con quelle del mammouth è così provata, che il negarla non spetta ormai più che a quegli uomini, per quanto eminenti, che sacrificano l' evidenza al pregiudizio.

1370. Gli identici fatti si riproducono in Inghilterra, benchè non vi siano forse ugualmente precisati. Ecco in riassunto quelli riportati da Lyell:[1] Nel bacino del Tamigi, generalmente un po' al di sopra, talvolta

[1] *L'ancienneté de l'homme*, Paris, 1864.

un po' al di sotto del corso del fiume e de'suoi affluenti, i depositi alluvionali contengono i resti di quelle specie estinte, che si trovano in circa allo stesso livello in Europa. Gli ossami di mammouth, di rinoceronte ticorino, di renna, e di bue muschiato, si trovano con abbondantissimi molluschi viventi ancora in Inghilterra. Contemporaneamente rinvengonsi selci lavorate in buon numero, la cui giacitura non è perfettamente determinata, riferibili però ai tipi delle alluvioni della Somma. Le stesse selci lavorate furono, come vedemmo, trovate abbondantissime in un deposito d'acqua dolce a Hoxne nel Suffolk, e le località inglesi ricche di quegli avanzi pajono moltiplicate assai in questi ultimi tempi. Il Museo di Milano possiede già un buon numero di modelli degli stromenti primitivi di selce, di tipo francese, raccolti a Norfolk, Thetford, Hoxne, e scheggie in natura di Reigate, Berling, Maidenbower, Lanling e Trowse. Probabilmente alla stessa epoca appartengono le rozze selci, con ossami di animali, di Mondovari presso Valenza.

1371. Alle alluvioni francesi, meglio che alle caverne, risponde, colle proprie alluvioni, l'Italia. Le regioni settentrionali della penisola hanno però piuttosto nulla che poco da dirci in proposito. Le fondazioni di una pila, destinata a reggere il ponte sul Po a Mezzanacorte, trassero alla luce un cranio umano di forma regolare e d'un tipo tutt'altro che estraneo agli etnologi. Esso giaceva nelle alluvioni alla profondità di 7 metri. Alla profondità di 11 metri si scopersero resti di cervo dalle corna gigantesche. Quali conclusioni vorrà cavarne il Gastaldi? Non altro parmi per ora se non che l'uomo di Mezzanacorte, per quanto antichissimo, è posteriore al cervo dalle corna gigantesche.

1372. Più concludenti sono le scoperte nelle alluvioni romane, deposte in seno, quindi posteriori, al terreno vulcanico. La più celebre località è quella di Ponte Molle; ma le stesse formazioni si presentano nei dintorni, in condizioni opportunissime allo studio. La grande piattaforma vulcanica ricopre, come abbiamo veduto (§ 1346), la Campagna romana, superiormente alle sabbie e alle ghiaje, considerate come rappresentanti dell'epoca glaciale, e distese sopra le argille plioceniche. Quella piattaforma fu terrazzata dal Tevere, che vi scavò un letto largo e profondo, abbandonandovi delle alluvioni, o meglio dei depositi d'estuario, più recenti, terrazzati più tardi alla loro volta. Le alluvioni di cui parliamo si trovano a 20 o 30 metri superiormente al livello attuale del Tevere. Alle condizioni geologiche, che assegnano a quelle alluvioni un'epoca assai più recente di quella del terreno vulcanico, considerato nella sua massima potenza, si aggiunge il fatto che le alluvioni stesse, tutto luccicanti di pirosseni, constano in grande parte di elementi vulcanici. È in queste alluvioni postvulcaniche che s'incontrano i primi indizi dell'uomo.

1373. Le cave di ghiaja a Ponte Molle mi presentarono approssimativamente la seguente sezione discendente:

1.° Terriccio o sabbia.

2.° Letto di sabbia di circa 2 metri.

3.° Strati di ghiaja della potenza di circa 10 metri, composte ordinariamente di piastrelle discoidali simili a quelle dei littorali marini. Nella parte inferiore di questo deposito abbondano le selci lavorate e gli ossami ugualmente lavorati, con resti conservatissimi di elefanti e di rinoceronte.

4.° Strati di sabbia irregolari della potenza d'altri 10 metri.

5.° Ghiaje come al N. 3.°, dove però non si rinvennero, per quanto sappia, selci lavorate.

Le selci lavorate sono assai rozze, e piuttosto grosse scheggie che utensili. Le ossa cilindriche sono tagliate a sghembo o a bietta, come le moltissime che s'incontrano più tardi nelle palafitte lacustri. Gli ossami non lavorati mi parvero in genere conservatissimi, e nè essi, nè le selci offrono sicuro indizio di fluitazione appena prolungata. Importerebbe assai avere un buon catalogo e una esatta determinazione dei fossili scoperti in questi ultimi anni. Non v'ha dubbio però che gli elefanti e i rinoceronti vi abbondano, se io stesso, in un'unica visita, potei riportarne bellissime reliquie. Per analogia si può ritenere che il rinoceronte sia il *ticorino*, e per la stessa analogia, che molti almeno degli avanzi d'elefante debbansi riferire al mammouth, che trovo accennato, in fatti, come proprio delle più recenti alluvioni romane. Esiste però a questo proposito un'osservazione del barone d'Anca, [1] che ringiovanirebbe assai quei depositi in confronto delle alluvioni glaciali. Tra i numerosi denti di elefante, rinvenuti nelle alluvioni quaternarie di Roma, e precisamente in quelle di Monte Pincio e di Ponte Molle, il citato barone potè, dietro accurate osservazioni, distinguerne parecchi di *Elephas africanus*, cioè della specie che vive attualmente in Africa.

1374. Un'altra regione resa celebre in questi ultimissimi tempi dagli studî del prof. Bellucci [2] è l'Umbria. I dintorni di Perugia erano, a quanto pare, nelle epoche antichissime, un centro industriale per la fabbricazione d'armi e di utensili di selci. Le freccie vi si rinvennero a migliaja, a centinaja cultri, raschiatoi, giavellotti, pugnali di selce, azze di selce scheggiata, simili alle francesi della Somma, o veri ammassi di schegge o rifiuti di lavorazione. Siccome però quegli avanzi non richiamano che per la

[1] *R. Accademia dei Lincei*, 1872.

[2] *Note sugli avanzi dell'epoca preistorica nell'Umbria* (Atti Soc. Ital di scienze nat., Vol XIII, pag. 149 e XIV, pag. 93 e 129).

minima parte l'industria primitiva, accennando per la massima parte a una industria di età più recente, e siccome le reliquie stesse trovansi alla superficie o negli strati più superficiali, miste a stoviglie etrusche o romane, a bronzi, a monete romane, o fino a monete medio-evali; ci vien meno ogni criterio per stabilirne i rapporti cronologici. D' altra parte però le selci archeolitiche non dovrebbero mancare, se, come ce ne assicura il Bellucci, si rinvennero negli stessi depositi contenenti le selci, alla profondità di un metro ed anche alla superficie, resti di *Ursus spelaeus* e corni di *Cervus megaceros*.

1375. In altri luoghi d' Italia scoprironsi selci lavorate che potrebbero riferirsi all'industria primitiva di cui ci occupiamo. Scarabelli parla di selci lavorate, riferibili ai tipi primitivi francesi, raccolte nei dintorni di Imola. Selci lavorate raccolsero Nicolucci nelle vicinanze di Sora, Cocchi a Petrolo nel Chianti, Bonucci a Ruvo (Napoletano), Rosa e Cappellini nella valle della Vibrata, ove abbondano moltissimo a fior di terra, come nel Perugino. Ma siamo sempre all'istessa difficoltà di determinarne precisamente l'epoca e la giacitura.

Sintetizzando i fatti che abbiamo esposti, vediamo di cavarne alcune conclusioni, e precisarci il concetto dell' epoca archeolitica, quanto cel consente l'immaturità della scienza, che ha emesso appena or ora la prima gemma di questo ramo di studî.

1376. Scarse reliquie di umani corpi e resti infiniti di umana industria, di cui rigurgita talvolta il suolo in Europa, ci hanno svelato l'esistenza d' una razza, che pare meriti per ogni verso il titolo di primitiva. Tali avanzi si trovano abbastanza diffusi nell'Europa meridionale, in depositi isolati all'ingresso o nell'interno delle caverne, e sparsi assai più largamente nelle alluvioni. Prescindendo dalle oscurità che presenta la determinazione di alcuni fra gli accennati depositi, quelle reliquie appartengono realmente a una medesima epoca? Credo non se ne possa dubitare. La somiglianza perfetta di quegli utensili nella forma, come nella materia di cui sono costrutti, dice uguaglianza di costumi, dice uno stesso grado bon caratterizzato di civiltà, o piuttosto di barbarie. Quelle umane reliquie si trovano colle reliquie degli stessi animali nelle caverne come nelle alluvioni. Un fatto che tutti accomuna i terreni dell'uomo antichissimo è l'inevitabile, certo non fortuita, mescolanza con ossami di specie estinte, specialmente di grandi pachidermi, i quali, non solamente più non esistono in Europa, ma sono scomparsi dalla superficie del globo fin da quelle epoche antichissime, tanto anteriori alla storia, eppur rappresentate da terreni, cui l'assenza delle reliquie di quegli immani quadrupedi, o la presenza di specie domestiche, dicono posteriori all'epoca archeolitica.

1377. Quando mai quest'uomo primitivo apparve in Europa? Quale posto d'ordine occupa la sua comparsa nella relativa cronologia del globo? Abbiamo riportato un numero sufficiente di prove, perchè ci possa rimanere ancora alcun dubbio circa la posteriorità di tale avvenimento in rapporto coll'epoca glaciale. I fatti che abbiamo citati e da cui risulta che l'uomo archeolitico comparve assai dopo l'epoca glaciale (§ 1348) riguardano, è vero, piuttosto l'Inghilterra che l'intera Europa. Ma i tipi delle selci di Bedford e di Hoxne sono precisamente quelli di Amiens, di Abbeville di Moulin-Quignon, ecc. Lo stesso stato d'industria primitiva, gli stessi costumi, la stessa razza, si affermano dunque nelle due regioni divise soltanto da uno strettissimo braccio di mare. Ritenuto dunque che l'uomo primitivo sia posteriore all'epoca glaciale; rispondiamo alla questione, già ripetutamente lasciata senza risposta, dei rapporti fra l'uomo e il periodo dei terrazzi.

1378. Dal complesso dei fatti risulta che il processo del terrazzamento era già molto inoltrato quando l'uomo comparve per la prima volta in Europa. L'uomo primitivo è in genere l'uomo della superficie. Ciò si verifica in Francia, come in Inghilterra e in Italia. Le sue reliquie si trovano commiste così intimamente a quelle delle più recenti generazioni, che sovente sarebbe vano ogni tentativo di distinguere, semplicemente nei rapporti di giacitura, l'uomo archeolitico dall'etrusco o dal romano. Ove poi le umane reliquie si possono considerare (e avviene assai di rado) in rapporto con depositi terrazzati; noi vediamo come un lungo periodo di erosione, cioè un lungo periodo di terrazzi, dovette precedere l'uomo posteriormente all'epoca glaciale. Il terreno glaciale di Bedford è appunto eroso, ossia terrazzato, profondamente, e nella depressione scavata in seno a quell'antico deposito troviamo le alluvioni archeolitiche. A Roma, posteriormente all'epoca glaciale e forse a un periodo ancora più recente, bastò al Tevere il tempo per incidere così vastamente e profondamente la piattaforma vulcanica, e solo più tardi, in seno a quelle incisioni, depose le più recenti alluvioni, con mistura di ossami o di umani attrezzi, nei dintorni di Roma. L'epoca dei terrazzi corrisponde, come abbiamo visto (§ 1263) al sollevamento postpliocenico, nominatamente in Sicilia. Il livello della grotta di Carburanceli, ove trovansi gli indizi dell'uomo primitivo, è posto, inducendone dai fatti accennati dal Gemmellaro, poco al di sopra del livello attuale del mare, mentre abbiam visto che quel sollevamento guadagna sul littorale centinaja di metri di elevazione. Quella caverna non poteva essere pertanto nè scoperta, nè abitata prima che il sollevamento fosse quasi al suo termine. Ci fu dunque un *periodo dei terrazzi* anteriore all'uomo.

1379. Ciò posto si potrebbe ora tentare di assegnare anche al periodo dei terrazzi una fauna caratteristica; ma la cosa è difficile ancora. Quando fosse provato che l'*E. primigenius* e il *R. tichorhinus* antecedettero l'uomo e non furono visti da lui, sarebbero essi i principali e sicuri rappresentanti del periodo che corse fra l'epoca glaciale e la comparsa dell'uomo in Europa; poichè io credo non dimostrata finora in nessun luogo la presenza dei due grandi pachidermi nel terreno glaciale. Alcuni depositi però potrebbero rappresentare una transizione tra l'epoca glaciale e l'epoca dei terrazzi, contenendo associati i rappresentanti principali delle faune dei due periodi. Secondo Lyell, vi hanno lembi delle alluvioni del Tamigi, ove all'*Elephas meridionalis* e all'*Hippopotamus major* si associa il *R. tichorhinus*. Contengono conchiglie tutte di specie viventi, ma due d'esse *(Paludina marginata, Unio littoralis)* più non vivono in Inghilterra, mentre si trovano in Francia; ed una *(Cyrena consobrina)* scomparve dai fiumi di Europa ed abita il Nilo. I due rinoceronti (*leptorhinus* glaciale e *tichorhinus* postglaciale) si sarebbero trovati riuniti con buoi, cavalli e daini, in un deposito che si ritiene contemporaneo al famoso *letto ad ossami* di Norfolk, che si estende sotto al mare, ricoperto da un banco d'ostriche, sicchè in trent'anni i pescatori ne ritirarono, colle ostriche, 2000 zanne di elefante. Come le specie del periodo de' terrazzi possono essersi trovate coi superstiti delle faune glaciali, così possono avere incontrato i primi rappresentanti della fauna antropozoica, e l'uomo stesso. Ammesso però anche che l'uomo li abbia veduti vivi, non vide in essi che i superstiti di una fauna che lo ha preceduto. Io stabilirei dunque che appartengono al periodo dei terrazzi i depositi a *E. primigenius* e a *R. tichorhinus* che si provassero anteriori alla comparsa dell' uomo. La fauna dei terrazzi sarebbe per l'Europa una fauna di transizione, risultando da un'associazione di specie glaciali e di specie antropozoiche, con specie particolari quasi di transizione. Un deposito, p. es., che parrebbe potersi riferire all' epoca dei terrazzi, sarebbe quello della caverna di Hohlenstein nelle Alpi della Svevia, ove centinaja di individui di *Ursus spelæus* furono trovati, secondo Fraas, con mammouth, cavallo, bue, renna, cervo, pecora, ecc., oltre al *Myodus torquatus*, specie illustrata da Forsyth Major, già trovata in Inghilterra, una delle *migrate* per eccellenza, cioè eminentemente circumpolare.[1]

1380. Ritornando all'uomo archeolitico, se egli fu preceduto da un lungo periodo di terrazzamento, non fu però sì tardi a venire, che non assistesse

[1] *Materiali per la microfauna dei mammiferi quaternari.* (Atti Soc. ital. sc. nat., volume XV, 1872.)

almeno alla formazione degli ultimi terrazzi, lasciando che i suoi successori vedessero continuarsi quel naturale processo forse fino all' epoca nostra. Le alluvioni archeolitiche di Bedford, p. es., mentre sono incassate entro i terrazzi del terreno glaciale, si trovano alla loro volta superiormente al fondo attuale della valle, sono cioè terrazzate. Terrazzate sono anche le alluvioni archeolitiche del Tamigi, trovandosi, come abbiam detto, ordinariamente a un livello superiore al piano percorso da detto fiume e da' suoi affluenti. Finalmente sono terrazzate le alluvioni archeolitiche di Roma, le quali formano, in seno all'alluvione e al terreno vulcanico della campagna di Roma, un altipiano terrazzato dal Tevere.

Il periodo dei terrazzi è dunque un periodo di transizione fra l' êra neozoica e l'êra antropozoica. Lo spigolo del più alto terrazzo segna la fine del periodo glaciale: lo spigolo più alto delle alluvioni archeolitiche terrazzate segna la fine del periodo dei terrazzi, propriamente detto, e il principio dell'êra antropozoica. In altri termini, l'uomo comparve in Europa quando il terrazzamento era già molto avanzato: continuavano però intanto le cause a cui si devono attribuire i terrazzi marini e alluvionali, cioè il sollevamento dei continenti (§ 1271) e l'erosione delle antiche alluvioni, per via di cernita, esercitata dalle magre e dalle piene non traboccanti (§ 1297 e seg.).

1381. Anche la climatologia accenna a questa transizione fra il periodo glaciale e il periodo archeolitico per mezzo del periodo dei terrazzi. Il periodo dei terrazzi corrisponde al regresso dei ghiacciai; ma questo regresso fu graduale. Sulla fine dell'epoca dei terrazzi e al principio dell'epoca archeolitica il clima doveva avere un carattere più settentrionale in confronto di quello che si è stabilito attualmente nelle regioni temperate. Il renna abbondante alla base de'Pirenei, il bue muschiato, l'alce e altri animali, attuali rappresentanti di una fauna circumpolare, trovati nelle alluvioni dell' Europa meridionale, lo attestano. Fra gli ossami d' uccelli, scoperti cogli avanzi dell' industria primitiva nelle caverne del Perigord, e in genere in quelle del centro e del mezzodì della Francia, A. Milne Edwards distinse la *Stryx nyctea*, ora accampata intorno al circolo artico in Europa e in America; il *Tetrao albus*, che abbandonò le regioni temperate d'Europa per trovare miglior clima in Svezia, Norvegia, Lapponia; il *Tetrao lapogus*, che vive in Francia, ma cerca le sommità nevose delle Alpi e de' Pirenei.

1382. Visti i rapporti del periodo archeolitico colle epoche antecedenti, vediamone quelli coi successivi periodi preistorici. L'archeolitico è veramente l'uomo primitivo? l'uomo più antico? — In Europa, sì. Il suo stato di barbarie, confrontato con quello, per quanto ancor barbaro, degli uo-

mini, di cui, prescindendo dalle scoperte già citate, si raccolsero monumenti e memorie, non lascia verun dubbio riguardo alla sua primitività. Abitatori delle caverne, ignari dell'edilizia, della pastorizia, dell'agricoltura, ignari dell'uso dei metalli, viventi come belve fra le belve, le popolazioni archeolitiche non possono confrontarsi con quelle affermate da altri monumenti in Europa, le quali, se non conobbero ancora l'uso dei metalli, recarono ai lavori in pietra il maggior finimento, si coprirono di abiti tessuti, coltivarono campi, allevarono il bestiame, edificarono case e villaggi, vissero in numerose società.

1383. Potrebbe opporsi a questo modo di vedere l'arte imitativa, in meraviglioso contrasto collo stato di barbarie di quegli uomini primitivi. Ma quando mai la valentia artistica d'una razza potè servire di base ad una cronologia? Non furono di noi migliori artisti gl'Italiani del secolo XV, e più di loro i Greci, che prevennero l'èra volgare? Io non credo ancora iniziata la scoperta di un sistema qualunque di cronologia psicologica; ma se mai ne sorgesse uno, esso dovrà indubbiamente aver per base piuttosto il progresso industriale che il relativo valore artistico. Si suol dire che l'artista nasce e lo scienziato si fa. Applicate il concetto alle razze. Capisco benissimo come un contadino toscano improvvisi dei versi meglio assai di chi esce dopo lunghi anni dal ginnasio o dal liceo. Non capirei però come possa ugualmente, non dirò superare, ma nemmeno trascinarsi dietro a chi nelle aule universitarie, o nelle grandi officine, s'impossessò della scienza o dei grandi trovati dell'industria. L'arte nasce, direi, ogni volta, con chi la professa: l'industria si eredita. Passando da padre in figlio, da generazione a generazione, da popolo a popolo, si va mano mano perfezionando coll'aggiunta di quanto di nuovo vi apportano il genio, la riflessione, l'esperienza di ciascuno. Così il progresso industriale può divenire un cronometro geologico. Se questo vale nel caso pratico, l'uomo di Abbeville, di Bedford, di Ponte Molle è l'uomo più antico. Le necessità della vita lo obbligarono a creare un'industria primitiva, rappresentata da quanto v'ha di più rozzo, di più disadatto nelle armi o negli attrezzi, e da quanto v'ha di più commune nelle materie onde sono fabbricate. Chi venne poi già fornito di quei mezzi di primitiva invenzione, potè occuparsi di perfezionamenti, e, non contento di obbedire ai semplici bisogni dell'esistenza, essere condotto a soddisfare alle esigenze del piacere e del lusso. Prescindendo però da tali questioni, che vanno proposte piuttosto al filosofo che al geologo, la primitività dell'uomo archeolitico è dimostrata da non dubbie prove fornite dalla paleontologia.

1384. Tutto sarebbe risolto quando si potesse dimostrare che l'uomo archeolitico visse con specie estinte, non vedute dagli altri che si trovano

diversamente rappresentati. Non parlo delle specie estinte da poco, p. es, del *Bos primigenius*, che fu tratto a combattere negli anfiteatri romani, ma di quelle di cui, fuori dei depositi archeolitici, non c'è nè indizio nè ricordo. Parlo specialmente del mammouth (*E. primigenius*), del rinoceronte lanuto (*R. tichorhinus*), dell'orso delle caverne (*U. spelaeus*) o dei loro più ordinari compagni. Ma si può egli credere dimostrato che gli uomini archeolitici hanno realmente vissuto con quegli animali, le cui reliquie si trovano associate a quelle dell'umana industria nelle alluvioni o nelle caverne?

1385. Nelle mie *Note a un corso di geologia* la questione è risolta e difesa nel senso affermativo. Io non ho nulla a disdire di quanto ho detto, quando però si distingua fra coesistenza e contemporaneità, o quanto ho detto si riferisca alla prima non alla seconda.

Quando si afferma la *coesistenza* delle reliquie di specie estinte con quelle dell' industria umana, si afferma semplicemente il fatto che esse reliquie furono scoperte associate nello stesso deposito, nell' identico strato. Quando si sostiene la *convivenza* o *contemporaneità*, si pretende qualche cosa di più, anzi qualche cosa di ben diverso: si vuole cioè che i fabbricatori di quei rozzi stromenti abbiano vissuto cogli animali, le cui reliquie si trovano mescolate a quegli stessi istromenti. Questa distinzione, che non è certamente troppo sottile, fu in genere trascurata dai geologi, i quali si abituarono troppo a ritenere la coesistenza dei fossili in uno strato come argomento della convivenza delle specie, a cui i fossili appartengono. Non giova infatti negare che la coesistenza delle reliquie, ritenuta come argomento della convivenza delle specie, è l'argomento che serve di base alla paleontologia statigrafica, e che i geologi desunsero le condizioni delle diverse epoche dalla natura e dalle condizioni di giacitura dei fossili che si scoprono nei diversi strati, ritenuto che appartenessero a specie conviventi o contemporanee. Non intendo di infirmare il valore grandissimo, benchè sempre relativo, di questo argomento, sul quale si fonda, come su base primaria, la geologia. Finchè si trattava di strati regolari rappresentanti antichi fondi marini; finchè si trattava di regolari depositi formati sotto l' influenza delle leggi uniformi, costanti, immutabili, della natura, di depositi, ove naturalmente, necessariamente, devono trovarsi sepolte le spoglie degli abitatori dell'ambiente, dove essi depositi sono in formazione, si poteva impunemente sostituire al concetto di *coesistenza delle reliquie* quello di *convivenza delle specie*. Però noi abbiamo già accennato diversi casi in cui il geologo si accorse che le due parole non potevano pigliarsi come sinonimi, nè giudicarsi equivalenti i due concetti che esse racchiudono; che insomma la *coesistensa* e la *convivenza* non

possono reggere l'una per l'altra in via assoluta. Quante volte, specialmente per effetto di rimestamento, si trovarono fossili di strati antichi, associati ai fossili caratteristici di strati recenti! Così le rudiste della *creta* si raccolgono in gran numero in depositi terziarî nel Carso e nell'Istria, e le belemniti pur della *creta* si scoprono nel nummulitico di Lombardia. Ora, se questi, che diremo anacronismi, non si verificano che in via di rara eccezione nei depositi antichi, e se il geologo ha del resto facili argomenti per non essere tratto in inganno da tali eccezioni; gli anacronismi stessi possono verificarsi troppo facilmente, quando si tratti di depositi presenziati, anzi spesso interamente formati dall'uomo, o facilmente senza fornire alcun dato al geologo per salvarsi dall' inganno. Si ricordi infatti che l' uomo è un essere a suo modo. Se da una parte soggiace alla natura, dall' altra la domina col suo libero arbitrio. È una forza nuova nella natura. Egli si serve di quanto gli giova: intorno a sè accumula, senza distinzione di epoche, i prodotti della natura, e se gli torna, si giova degli animali fossili come dei vivi. Nei depositi umani dunque la distinzione fra coesistenza o convivenza è fondamentale. La coesistenza potrà essere ancora un argomento della convivenza; ma un argomento tutt'altro che assoluto.

Stabilito dunque di massima che la coesistenza delle reliquie umane con quelle delle specie estinte, non è che un ben dubbio argomento della loro contemporaneità; vediamo dapprima se essa, come da noi già venne ammessa nei paragrafi precedenti, è veramente constatata. Vedremo poi se i depositi archeolitici ci diano, prescindendo dal fatto di essa coesistenza, prove sicure per ammettere o per negare la convivenza dell'uomo col mammouth, col rinoceronte lanuto, coll'orso delle caverne, in fine colla fauna dei terrazzi, e coi superstiti della fauna glaciale.

1386 La coesistenza delle reliquie umane con quelle delle specie estinte non si può negare da nessuno. Gli ossami degli elefanti e dei rinoceronti, associati a reliquie d' umana industria si raccolsero, o si possono raccogliere facilmente da chi vuole, tanto nelle caverne alla base dei Pirenei, quanto nelle alluvioni della Somma e del Tevere, per non citare che le località più classiche. Di fatti ne abbiamo addotti abbastanza. Invece adunque di perdere ancor tempo a provare ciò di cui ormai tutto il mondo è testimonio, ci domanderemo piuttosto, perchè in una questione di fatto potè aver luogo una lotta così accanita, che non è ancora interamente cessata? Perchè ci fu tanta ritrosia nell'ammettere ciò che da ciascuno si poteva così facilmente vedere e toccare? — La ragione semplicissima sta appunto in ciò che non si seppe súbito distinguere fra coesistenza e convivenza; che l'una si pigliò come sicuro argomento, anzi come sinonimo,

dell'altra. Chi non voleva assolutamente ammettere la contemporaneità dell' uomo colle specie estinte, doveva per necessaria conseguenza non ammettere la coesistenza delle loro reliquie. Ma perchè si voleva assolutamente negare questa contemporaneità? . . .

1387. Vedendo quanto caloro portino certi nomini della scienza nell'impugnare la associazione delle reliquie dell' uomo a quelle degli antichi rappresentanti della fauna posterziaria, viene la voglia di domandare a sè stessi quali siano le terribili conclusioni che ne deriverebbero, ammesso pure che tale coesistenza dica convivenza, contemporaneità. La conclusione unica che io sappia cavare nel caso, è che l'uomo visse col mammouth; come corollario, che l' uomo contemporaneo del mammouth precedette gli altri che non ebbero il piacere di vederlo; che in fine è per la geologia l' uomo più antico. Ma conclusioni così semplici venivano pur troppo a ferire delle convinzioni scientifiche, o piuttosto dei pregiudizî assai radicati e tradotti, come spesso avvenne, in idee religiose.

1388. Buckland, profondo geologo e sviscerato credente, nel suo libro *Reliquiæ diluvianæ* (Londra, 1823), a cui consegnò i preziosi risultati de' suoi studi sulle caverne ossifere e sul *diluvium* d'Inghilterra, aveva dichiarato che nessuna delle reliquie umane da lui rinvenute, poteva ritenersi così antica quanto il mammouth. Trattandosi di uno scienziato così eminente, ce n'era d' avanzo perchè si ammettesse come un fatto acquisito che l' uomo era posteriore al mammouth, ed in genere alle specie posterziarie estinte. Basti il dire che Alcide d'Orbigny, nel suo *Cours de paléontologie stratigrafique*, pubblicato nel 1852, tutta la congerie degli animali, di cui formicolano i piani e le caverne, caccia forzatamente nel *terreno subapennino:* e quando vuol trovare un carattere per distinguere l'epoca attuale o contemporanea dall'epoca del mammouth, dell'orso delle caverne, ecc., lo trova nell' uomo: e coll' enfasi del poeta esclama: « *l'Homme* (Homo) *paru avec cette dernière faune, et la dominant de toute la perfection de ses organes comme le souvrain de toute la nature actuelle.* [1] »

Di tale risultato dell' umana scienza, il quale veniva ad apporsi come suggello al dettato divino, che dell' uomo fa la creatura novissima, poteva troppo facilmente avvenire ciò che pur troppo verificossi più volte e si verifica ancora. Trasformate in dogma un'opinione qualunque, troverete un'eresia nell'opinione contraria, e un campo di pacifici studî diverrà quello di scontri sanguinosi. Ma i fatti sono la personificazione dell' intolleranza, e non sanno adagiarsi a verun sistema. Buckland, autore del

[1] *Cours de paléont.*, tom. II, pag. 809.

dogma, doveva avere nelle mani i fatti che lo rovesciavano per mezzo di tale che altri avrebbe tenuto *a priori* il più saldo nel dogma stesso.

1389. Verso il 1833 M. M'Enery, prete cattolico romano (come lo chiama il Lyell) residente presso Torquay, aveva trovato nella caverna detta Kent's Hole, in un fango rosso, coperto da stalagmiti, non solo ossami di mammonth, di *Rhinoceros tichorhinus*, d'orso delle caverne, ecc., ma molti rimarchevoli utensili in selce. Il luogo era fatto per levare ogni dubbio. Quel limo, protetto da una crosta di stalagmiti, era una teca preziosa, ove si conservavano le fedi autentiche dell'antichità dell'uomo. Buckland dovette rimanerne scosso: ma il dogma era stabilito, ed era quindi impossibile che quelle selci potessero essere contemporanee del mammouth. Il prete cattolico romano non vi trovava poi tanto male nell'ammettere ciò che risultava dal fatto, ed era disposto ad enunciarlo e ad esprimere la sua libera opinione in proposito; ma vi rinunciò per pura deferenza all'illustre Buckland. Il curioso annedoto è ingenuamente narrato da Lyell.[1] Il prete cattolico romano cedette al canonico anglicano, e fu questo forse il patto d'alleanza fra i due, perchè venisse alla luce una illustrazione della Kent's Hole, per M. M'Enery e il dottor Buckland, che venne infatti edita recentemente da da M. Vivian di Torquay.

1390. Vi sareto dunque spiegato il perchè, a tanta luce di recenti scoperte, si rispondesse con tanto ostinato chiuder d'occhi. La colpa non è però tutta di chi si ostina per le antiche idee, ma in gran parte anche di chi proclama le nuove senza saperle apprezzare; anzi, troppo spesso, senza intenderle. È pur la cosa puerile questo gridare all'universo che l'uomo è divenuto più antico. Non si poteva egli anche voltar l'espressione, e dire che il mammouth è diventato più moderno? Ma nè l'una cosa nè l'altra può dirsi, perchè l'uomo nel caso non è divenuto più antico che nell'opinione di chi lo credeva più moderno, e il mammouth non è divenuto più moderno che nell'opinione di chi lo credeva più antico. La scienza invece si sarebbe impossessata di un fatto di più. Il fatto è che, dalla comparsa dell'uomo in poi, si spensero molte specie di animali che certamente lo precedettero nella loro comparsa sulla terra. Nessuno si meravigliò quando si disse che il *Bos primigenius*, contemporaneo del mammouth, fu ammirato negli anfiteatri di Roma, come nessuno si meraviglia se il lupo, il cervo, il renna, ecc., contemporanei del mammouth, vivono ancora. Faremo le meraviglie se il mammouth vanta tra le specie viventi un altro contemporaneo nell'uomo?

1391. L'associazione (dicasi pure la contemporaneità) dell'uomo colle

[1] *L'ancienneté de l'homme.* Paris, 1864, pag. 101.

specie estinte non è per sè argomento di una grande antichità, qualunque sia il valore, l'estensione che si vuol dare alla parola *grande*. Ne, abbiamo il *Bos primigenius* estinto in epoca posteriore ad uno de' più luminosi periodi della storia? Se non basta, non difettiamo di altri esempi forse ancora più interessanti, raccolti, per la maggior parte, nel *Manuale* di Dana? Il grande Auk dei mari del Nord *(Alca impennis)* fu da Steenstrup ritenuto estinto. Ma nel 1844 ne furono pigliati due individui presso l'Islanda. I suoi ossami però si trovano abbondantissimi in Islanda, Groenlandia, Danimarca. Ecco una specie dapprima assottigliata, confinata entro augusti limiti, forse spenta in questi ultimi anni. La *Rytina Stelleri* Cuv. viveva nello scorso secolo in Siberia; ora si ritiene spenta. Negli annali necrologici delle specie animali, sono famose le grandi razze uccelline, appartenenti alla famiglia degli struzzi, ch'ebbero regno e tomba, l'uno e l'altra quasi a memoria d'uomini, nelle isole dell'Oceano Indiano. Il *Dodo* uccello tozzo e grosso, del peso di 50 libbre, abitava l'isola Maurizio ed altre dell'Oceano Indiano. Gli Olandesi trovaronlo abbondantissimo nel XVII secolo, e per buona sorte ce ne diedero i disegni, poichè di questo uccello gigante non restanci che una testa o due piedi. Dall'epoca in cui i Francesi s'impossessarono dell'isola, non si sentì più parlar nè del *Dodo*, nè del *Solitario* suo rivale nelle forme gigantesche. La Nuova Zelanda vantava il Moa *(Dinornis giganteus)* grosso più dello struzzo ed alto da 10 a 12 piedi, e del cui uovo fu scritto che un cappello d'uomo gli avrebbe servito da portauovo. Ora è spento con altri cinque congeneri, e cogli appartenenti ai generi *Apterix* e *Notornis*. Ma il gigante degli uccelli, l'*Æpiornis maximus*, altro struzzo dell'altezza di 20 piedi, e dalle uova aventi un piede di diametro, viveva nel Madagascar. Anch'egli è spento. Dovrassi dunque ritenere antichissimo l'uomo, quando le sue reliquie trovinsi con quelle delle specie estinte ora nominate? Perchè lo sarebbe oltre i limiti ammessi dalla tradizione e dalla storia l'uomo di cui si trovassero gli avanzi con quelle del mammouth, del rinoceronte ticorino, dell'orso delle caverne? Ci meraviglieremmo noi che alcune specie che vissero coll'uomo si siano spente prima dell'uomo?

Noi no certamente, noi cresciuti in mezzo ad una fauna che si spegne. In oggi è più difficile, p. es., procurarsi uno stambecco delle Alpi che una tigre dell'Africa. Il lupo era a' miei giorni il terrore delle Prealpi, e appariva nelle montagne che sorgono tra Como e Lecco: ora nè le Prealpi, nè le Alpi stesse più nol veggono. L'orso anch'esso si è fatto assai raro nelle Alpi, e ormai non se ne trova più alcun individuo adulto. Fin il topo, fido abitatore de' nostri comignoli, si può dire letteralmente scomparso, vittima della ferocia sanguinaria del lurido *Mus decumanus* che venne dal-

l'America a pigliar stanza nelle nostre cloache. Le leggi sulla caccia e sulla pesca tentano invano di opporsi al totale sterminio dei camosci, dei lepri, degli uccelli, dei pesci, e ormai è un quesito economico di tutta attualità la ripopolazione dei laghi e delle foreste. Nè è solo la diretta influenza dell'uomo che abbia, come in quasi tutti gli esempi accennati, potuto determinare l'estinzione di tante specie di animali che vivevano con lui. Non era certamente per opera dell'uomo, e anzi sarebbe avvenuto suo malgrado, se l'atrofia riusciva probabilmente a spegnere in Europa il baco da seta, e affatto indipendentemente dall'uomo abbiam veduto prossimi ad un definitivo spegnimento della specie i nostri gamberi communi. Comunque io non intendo nemmeno di toccare qui l'arduo problema dell'estinzione delle faune, nelle diverse epoche geologiche. Ma trattandosi di fauna posterziaria, anzi del periodo antropozoico, le nostre osservazioni sulla potenza sterminatrice dell'uomo son fatte pienamente a proposito. Io penso infatti che debba cessare ogni meraviglia circa l'estinzione di specie viventi nei primordi del periodo antropozoico, quando si rifletta all'influenza speciale che, fin dai primi tempi

Fig. 164. *Dinornis giganteus.* [1]

dovette l'uomo esercitare tanto sulla conservazione come sulla distruzione delle specie animali. L'uomo il ripeto, ne' suoi rapporti cogli animali, non conosce che due modi: o la guerra implacabile, o la schiavitù. L'uomo distrugge inesorabilmente gli animali cui non riesce ad addomesticare, cioè a rendere schiavi. Le leggi protettrici della selvaggina, non credo sieno un trovato molto antico. Furon fatte dapprima, so ben mi avviso,

[1] La figura del *Dinornis*, presa dall'*Illustrated London News*, febbrajo 1868, rappresenta lo scheletro esistente nel museo di Cantorbery nella nuova Zelanda.

per far monopolio della distruzione sotto il nome di caccia riservata. Ora pajon dirette al ben pubblico; ma l'uomo loro si ribella e continua a distruggere. I mammiferi, come meno prolifici, e più impotenti a sottrarsi all'umana persecuzione, dovevano esserne anche le prime vittime. Tra queste potè essere primissimo il tardo mammouth, abitatore del piano, impossibilitato quasi dalla stessa sua mole a trovarsi un nascondiglio. Gli Indiani seppero addomesticare il loro elefante, o perchè eglino men barbari nei primissimi tempi, od esso più domabile; l'Europeo della prima età della pietra non seppe educare il mammouth, come non seppe addomesticare nessun altro animale. Più tardi, e probabilmente un'altra razza, giunta in Europa a sovrapporsi all'antica, si fece schiavi il bue domestico, il cane, il cavallo, l'asino, ecc., e distrusse l'indomabile uro. L'orso, il lupo, il capriolo, poterono salvarsi o nel fitto delle vergini foreste, o fra gli eterni ghiacci delle inaccessibili aguglie delle Alpi; ma di continuo minacciati e diradati da quella guerra che li perseguita tuttora o finirà col cacciarli dal mondo. Così va scomparendo il *bue muschiato* davanti ai cacciatori Esquimesi che l'hanno già confinato nelle regioni artiche dell'America; così l'antilope capra *(Aplocerox montanus)* confinato ed in via di spegnersi tra le sorgenti dello Saskatchawan, del Mackensie e dell'Youkou. Quanto abbiamo detto di alcune specie o conservate o estinte, applicatelo a tutte, che o vivono tuttora o si spensero.

1392. Tutto questo è detto perchè valga contro l'idea di una appena straordinaria antichità dell'uomo, anche nel supposto che l'uomo avesse veduto coi propri occhi il mammouth, il rinoceronte lanuto, l'orso delle caverne, ecc.; poichè, ora che l'idea della convivenza dell'uomo cogli antichi quadrupedi non pregiudica, nè per paura che n'abbiano i credenti, nè per gusto che ci piglino gl'increduli, vogliam vedere se, come è provata la coesistenza delle reliquie negli identici depositi, debba pur la convivenza ritenersi come dimostrata. Per fare ciò bisogna, come dissi, cercare altri argomenti fuori della coesistenza; cercare dei fatti che dimostrino come quegli animali l'uomo li abbia visti vivi, ne abbia usato per cose a cui non può servire che l'animale vivo, escludendo come prove quegli usi, a cui si potevano prestare anche le reliquie fossili di quegli animali, come sarebbe la fabbricazione di armi e di attrezzi, a cui possono servire gli ossami fossillizzati da secoli, al pari di quelli degli animali uccisi o morti di fresco. Se io trovo p. es. dipinta o scolpita la figura di un mammouth, dovrò dire certamente che l'artista ha visto vivo il mammouth.

1393. Una scoperta che parve soddisfare a tutte le esigenze, è quella appunto fatta da Lartet nella stazione della Maddalena (Dordogne). Tra

i soliti ossami, tra i soli oggetti di industria e in mezzo ad altre scolture, si raccolse una lamina di avorio, staccata certamente da una grossa zanna di elefante. Vi erano incisi certi tratti che sembravano accusare una figura di animale. Lartet vi intravide un elefante. Il dottor Falconer, celebre per lo studio dei proboscidiani, vi scorse anch' egli immediatamente la testa di un elefante: anzi i tratti specifici corrispondevano a quelli del mammouth, nè vi mancava il tratto più decisivo di tutti, cioè la lunga criniera, rappresentata da un fascio di linee pioventi dal capo. Il signor Lartet cita in suo favore diverse tra le testimonianze più autorevoli nel mondo scientifico, oltre quella di Falconer.

Quando vidi il disegno pubblicato da Lartet, credetti, come allora mi espressi,[1] che non si potesse rifiutarsi all' evidenza. Più tardi però, veduto l' originale all' esposizione mondiale di Parigi, l' illusione era scomparsa; il mammouth si era come fuso in un labirinto di linee, in un fascio di scalfitture senz'ordine nè disegno. Mi fu detto poi che il disegno pubblicato da Lartet riproduceva semplicemente le linee che il signor Falconer aveva creduto bene di ricorrere colla matita, mano mano che in quel fascio informe ne scopriva una che potesse adagiarsi entro uno schizzo di elefante, lasciando tutte le altre che non ci entravano per nulla.[2] Non nego che qualche linea, quella principalmente che disegnerebbe il profilo anteriore della testa, non possa far nascere il sospetto che fosse, nell' intenzione dell'artista, una prima traccia della testa di un elefante; ma l'artista si sarebbe pentito ben tosto di seguire il suo ideale, e avrebbe finito a graffiare senza misericordia l'eburnea tavoletta. In fine, messa in disparte quella fantasia che fa vedere l'uomo nella luna, chi ha visto una volta i bellissimi grafiti, rappresentanti il renna, l'uro, serpenti, pesci, coi loro tratti specifici così ben improntati dall'uomo archeolitico, deve dire che la lamina del Lartet, ben lungi dal presentare un mammouth, non offre nemmeno un disegno qualunque. Quando poi si considera come, prescindendo da questo sgorbio, in mezzo a un sì gran numero di disegni d'animali, non se ne trova uno solo nè di elefante nè di rinoceronte, si è quasi forzati a conchiudere che l'uomo archeolitico non ha visto nè l'uno nè l'altro. È un argomento negativo, è vero; ma nel caso pratico è molto decisivo. L'artista che avesse veduto in quei tempi errare per la distesa della campagna animali così grossi, mostruosi, bizzarri, non doveva a preferenza

[1] *Note a un corso di geologia*, vol. II, § 509.

[2] In una *Nota* di Lartet (*Matériaux pour l'histoire de l'homme*, volume II, pag 447) è detto che il signor A. W. Franks, direttore della Società degli Antiquari di Londra, è lui che s' è incaricato di ricorrere sul modello (*moulage*) i tratti d'incisione più decisi, e più caratteristici, della forma che vi si distingueva.

rimanerne colpito? non doveva perciò sentirsi mosso a disegnarne o a scolpirne le figure sopra i suoi scetri con tanto lusso istoriati, e sopra il manico de' suoi pugnali, con tanta arte intagliati?

1894. Ma una statua di mammonth, scolpita sopra una palma di renna, per farne appunto l'impugnatura di un pugnale, venne offerta da un *operajo* al signor Peccadeau de l'Isle. Egli l'aveva raccolta nella celebre grotta di Bruniquel (Tarn-et-Garonne).[1] Qui non si può equivocare circa l'intenzione dell'artista: a qualunque epoca appartenga, egli volle certamente scolpire un elefante. Un quadrupede, con quattro gambe diritte, grosse, tutte d'un pezzo come quattro pilastri; piedi larghi o piatti; testa abbassata; tromba distesa, che termina fra i due piedi anteriori; bocca ben marcata; zanne magnifiche, un po' curve dal sotto in su. Ma vi si scorgono anche dei difetti. Le zanne non sono propriamente al loro posto: l'artista le ha sensibilmente spostate, dice Mortillet, per poterle assicurare alla lamina del pugnale. La testa non ha senso, e l'occhio mi pare enorme. Ci ha poi un certo codino, appiccicato, che si ripiega sulla groppa come quello di uno scojattolo, e termina con un bel fiocco di peli. L'artista ci teneva molto a quel codino, poichè, essendosi esso spezzato, le appiccicò un codino posticcio, mediante un foro praticato nella scultura. Ma quel codino è sempre una stonatura per noi, che non conosciamo che elefanti a coda nuda e penzolante. Forse il mammouth l'aveva così, e il signor Mortillet osserva che quel codino a scopa torna molto bene a un elefante lanuto e peloso, qual era il mammouth. Ma perchè allora l'artista, che ci teneva tanto alla coda, lasciò l'animale senza la sua folta criniera? A chi verrebbe in mente di scolpire un leone senza giubba? Agli scultori archeolitici, no certamente. — Essi conoscevano l'arte troppo meglio che nol mostri quell'informe abbozzo. In fine è un *falso*, come mi disse Steenstrup nel modo più deciso al Congresso preistorico di Bologna. Ci sarà alcuno che chieda nel caso come o perchè il lavoratore che ha consegnato quel pezzo sia stato indotto a quella falsificazione? E allora perchè in tutti i musei, in tutti i paesi, su tutti i mercati, si osservano o si vendono montagne di *falsi*, principalmente in genere di oggetti d'antichità?[2]

1895. Parlando ora dei diversi indizi di umano lavoro che presentano le reliquie degli animali più volte citati, resta a vedere se ve n'ha alcuno il quale riveli evidentemente uno scopo, a cui non potesse prestarsi che l'animale

[1] *Matériaux*, ecc., vol. III, pag. 206.

[2] Si parlò anche di una testa di elefante scolpita sulla estremità di uno scetro di renna, scoperta alla Laugerie-basse, e appartenente al signor di Vibray. Non so per quali ragioni, ma pare che anche i più interessati non abbiano attribuito a quel pezzo nessun valore.

vivo, o meglio appena ucciso. Vi fu in fatti al Congresso di Bologna chi sostenne che gli ossami degli elefanti e dei rinoceronti erano stati spezzati, come quelli dei ruminanti, per cavarne la midolla, di cui l'uomo archeolitico era, a quanto pare, ghiottissimo. Ma Steenstrup gli fe' tosto osservare che gli elefanti o i rinoceronti la midolla non l'hanno. Basterebbe anche che alcuno di quegli ossami presentasse le tracce di una ferita, riportata dall'arma del cacciatore o contenesse una scheggia di selce, la quale accusasse una di quelle frecce, di cui facevano uso gli archeolitici. Steenstrup scoprì due ossa di cervo, nelle quali le schegge di selce, penetrate profondamente, e ricoperte da uno strato di osso, dicevano indubbiamente che gli animali, a cui appartenevano quelle ossa, erano stati inseguiti dai cacciatori dell'epoca neolitica di Danimarca, coi quali faremo conoscenza più tardi. Lartet alla sua volta in una vertebra di renna scoprì una punta di selce.[1] Nulla di simile finora degli elefanti, dei rinoceronti, dell' orso delle caverne ecc.[2]

---

[1] *Matériaux*, ecc., vol. VIII, pag. 108.

[2] L'importanza di questi e di tutti i consimili fatti negativi, è fatta benissimo sentire dallo Steenstrup, dove parla appunto della scoperta di quei due ossi di cervi feriti. Raccomando dunque l'attenta lettura dei seguenti periodi dell' illustre geologo antiquario di Copenhaghen « Ces deux os prouvent, je pense, d'une façon décisive que les animaux auxquels ils appartenaient étaient contemporains d'une population qui poursuivait le gibier avec des armes de jet en silex. Comme ce sont tous deux des cerfs, on comprend facilment que l'important ici n'est pas que la contemporanéité du cerf et de l'homme soit confermée, car nous savons par nos Kjœkkemmœddings en quelle immense quantité la population primitive a abattu ces animaux. Le point capital réside dans la nature même de la preuve. C'est ce genre de preuve que je voudrais voir plus généralement connu et apprécié, que je désirerais qu'on recherchât chez d'autres espèces d'animaux, notamment ceux qui sont bien considérés comme contemporains des plus anciennes populations de l'Europe, mais pour lequelles, suivant moi, on n'a pu établir cette contemporanéité par des arguments irréfragables. Aux doutes, tirés des conditions de gisement des os de ces animaux dans les couches superficielles et les cavernes, qui ont été émis de divers côtés contre les raisons de vraisemblance invoquées en faveur de la contemporanéité dont il s'agit, on a, il est vrai, cherché à objecter que si on ne voulait pas s'appuyer sur de pareilles preuves, il faudrait renoncer a en donner, la science n'en possédant pas de meilleures. Mais il n'en est point ainsi. Si les peuples primitifs de l'Europe ont réellement chassé et poursuivi l'ours et la hyène des cavernes, le mammouth et le rhinocéros, et même fini ainsi par les exterminer, il est évident que les os des animaux poursuivis doivent avoir bien des fois reçu des marques ineffaçables de cette poursuite, e d'autant plus souvent que les armes offensives ou de chasse de la population étaient plus imparfaites. Qu'on en vienne, par exemples, à constater chez les ours des cavernes ou les mammouths, la présence d'éclats de silex ou de débris analogues d'armes offensives, recouverts d'une couche osseuse qui s'est formée autour d'eux du vivant de ces animaux, et certainement je ne douterais pas plus long temps de la contemporanéité de ces espèces et de l'homme, tout aussi peu que je le ferai si, comme on le suppose, les images de mammouths et autres qu'on a trouvés dans les cavernes, peuvent à bon droit être considérés comme des travaux des peuples primitifs; mais quant à regarder cette contemporanéité comme déjà démontrée, ou comme mise hors de doute par les preuves sur lesquelles on s'est appuyé jusqu'ici, c'est ce que je ne puis, ni ne pourrai faire. Bien que ce ne soit précisément pas

1396. Dopo tante indagini, noi restiamo adunque ancora con questo nudo fatto della mescolanza di reliquie umane con reliquie di una fauna spenta. Si può esagerarne fin che si voglia l'importanza, ma non acquisterà mai un valore decisivo in favore della convivenza dell'uomo coi rappresentanti, o coi superstiti di quella fauna antica. Chi sia inchinato a ritenerlo come prova di convivenza, potrà con tutto il diritto insistere sulla evidenza, sulla universilità del fatto, specialmente sulla copia degli ossami di elefanti e di rinoceronti che si scoprono associati alle reliquie umane particolarmente in Francia e in Italia. Ma tale abbondanza non fa specie anche nel supposto che si tratti di ossami fossili. È da tre secoli circa, se non erro, che gli Europei si stabilirono in Siberia, nominatamente a Jakustk; eppure i fiumi travolgono già, misti agli ossami di mammouth, i rifiuti industriali di quei recentissimi abitatori, come mi narrava il più volte lodato Steenstrup. Nessuno si maraviglia di ciò, mentre è noto d'altronde che gli ossami del Mammouth e de' suoi contemporanei sono così abbondanti in Siberia, da formare talvolta quasi dei conglomerati superficiali. Ma bisogna che anche noi rimontiamo a quella prima epoca lontanissima, in cui l'uomo per la prima volta veniva a prendere possesso della selvaggia Europa. Chi riflette alla quantità enorme di ossami, che si scoprono anche da noi, appena si giunga a smovere l'antico suolo ancor vergine, troverà naturalissimo di ammettere che la superficie d' Europa si trovasse allora sparsa di ossami fossili, precisamente come si mostra la Siberia, rimasta incolta dopo tanti secoli. Mille generazioni si avvicendarono in Europa, dopo la comparsa dell'uomo primitivo: non vi ha palmo di terra che non sia stato le cento volte profondamente rimestato: una serie di strati, seminati di umane reliquie, nasconde agli occhi nostri il suolo primitivo. Ma allora questo suolo era vergine, nè faceva bisogno di scavarlo profondamente, per estrarne i resti degli antichi quadrupedi. Con quanta facilità dunque potè l'uomo primitivo ricorrere a quegli ossami per soddisfare alle esigenze della sua primitiva industria! Che poi gli venisse in mente di servirsi di

---

nécessaire, il ne sera peut-être pas superflu de rappeler que c'est seulement contre l'insuffisance de ces preuves que mes objections sont dirigées; car, en soi, il n'y a rien d'invraisemblable à ce que les animaux éteints nommés plus haut, et d'autres encore, aient fait partie du monde animal actuellement vivant, et qu'il en aient disparu de très-bonne heure, peut-être surtout à cause des poursuites de l'homme. Mais s'il en est ainsi, des témoignages irrécusables et non équivoques comme ceux que je viens d'exposer, ne manqueront pas non plus de se produire, une fois qu'ils auront attiré l'attention et qu'on en aura compris l'importance; au contraire, si, contre toute attente, ils venaient à faire défaut, ce serait, suivant moi, une forte présomption que les preuves soi-disant positives de la contemporanéité des animaux en question et de l'homme, n'ont pas toute la valeur qu'on leur a attribuée. » (*Matériaux*, ecc., vol. VIII, pag. 305.)

quelle reliquie, la è cosa, a mio credere, naturalissima, necessaria. Domando al lettore, quali sono le materie prime che furono specialmente, anzi quasi unicamente, impiegate nella primitiva industria? Sono due: la selce o gli ossi. Volete voi che l'uomo primitivo non si servisse di quegli ossi che il suolo gli offriva così spontaneamente? Che non si facesse allora naturalmente, necessariamente da tutti, ciò che si fa or eccezionalmente dai cercatori d'avorio, dai raffinatori di zucchero, dai fabbricatori di concimi, dai naturalisti, e si farebbe da quanti trovassero utile di servirsi di reliquie organiche sepolte nelle antichissime epoche del globo?[1] Se noi trovassimo entro il suolo dei pezzi di ferro già belli e preparati, credete voi che li lascieremmo, per soddisfare alla nostra industria col lento e penoso lavoro delle miniere?

Infine non si vuol negare assolutamente la convivenza dell'uomo coi grandi mammiferi delle antiche alluvioni; ma per ammetterla, attendiamo con Steenstrup qualche argomento più positivo. In fondo però io credo che, se una prova decisiva non si raccolse finora, non si raccoglierà mai più.

1397. Rivenendo ora da questa lunga digressione, dobbiamo ricordare che vi fummo trascinati dal bisogno di rispondere alla domanda se l'*uomo archeolitico*, almeno per l'Europa, è veramente l'*uomo primitivo*. Dicevamo che su di ciò non rimarrebbe alcun dubbio, quando si potesse constatare che egli ha vissuto col mammouth e col rinoceronte lanuto. Ma, anche lasciando sussistere il dubbio in proposito, la *primitività* dell'uomo archeolitico non soffre eccezioni. Aggiungendo i paleontologici agli argomenti dedotti dallo stato relativo di coltura di quelle primitive popolazioni, la primitività dell'uomo archeolitico è dimostrata:

1.° Dalla coesistenza negli stessi depositi di reliquie abbondantissime di animali appartenenti a specie estinte, indicante un suolo ancor vergine, un suolo affatto primitivo;

2.° Dalla convivenza dell'uomo, nelle regioni più meridionali, colle specie che migrarono verso il polo;

3.° Dall'assoluta assenza di reliquie di animali domestici.

---

[1] È noto a tutti che l'esportazione dell'avorio fossile dalla Siberia, e dalle regioni artiche in genere, costituisce uno dei rami più attivi del commercio di quelle contrade. Pochi anni or sono i bastimenti partivano carichi da Palermo di ossa di ippopotamo del celebre deposito della caverna di S. Ciro, destinate alle raffinerie francesi. Terre o roccie ricche di ossami o di fossili in genere sono ricercatissime ovunque per la marnatura dei terreni. Chi trovasse ancora troppo strano l'uso degli ossami dei grandi pachidermi fossili all'epoca archeolitica, legga il Brocchi, ove parla dei celebri ossami del Valdarno superiore. « Fui accertato sul luogo, egli dice, che, prima che i villici di que' contorni si avvisassero di serbare queste ossa per trarne guadagno, vendendole ai curiosi, solevano alcuni costruire steccati di tibie e di femori di elefanti all'intorno dei loro orti. » (*Conch. subapp.* Edizione Silvestri, vol. I, pag. 351).

1398. Prima di por fine a questo già troppo lungo trattato sul periodo antropoarcheolitico, vogliamo fare un motto circa una questione di tutta attualità. La vecchia, anzi già morta, ipotesi della *trasformazione delle specie* (che si può definire la negazione della fisiologia e della paleontologia) risuscitata da Darwin, stranamente esagerata dagli ammiratori e dagli apostoli, e spinta a conseguenze, alle quali lo stesso autore non credette di arrivare, trovò e trova, come è privilegio di ogni stranezza, il suo momento di fervoro. La smania di derivare dalle scimmie, considerata come un tentativo eccessivamente democratico, può ritenersi un sintomo dell'epoca. Il male si è che, mentre vanno aumentando le reliquie dell'uomo fossile, la scimmia fossile, che doveva procrearlo, non se ne dà ancora per intesa. È vero che il signor Owen, in una formazione posterziaria, cui troveremo antecedere i terreni contrassegnati da umane vestigia, trovò non so quali frammenti di un macaco (*Macacus pliocenus*) che egli nomina appena nella sua bell'opera *Sui mammiferi fossili d'Inghilterra*; ma ciò non impedì a Lyell di trovarsi ancora affatto scoperto, di fronte alla difficoltà creata alla teorica della *trasformazione delle specie* dalla assenza assoluta di quadrumani nelle formazioni posterziarie d'Europa, nominatamente in quei terreni, ove l'uomo primissimo si accompagna ai mammouth.[1] Il dott. Lund trovò delle scimmie nelle caverne del Brasile, ma appartengono al tipo delle scimmie d'America, le quali, o per tenacità di abitudini o sì per antipatia al metamorfismo, permisero che l'uomo americano discendesse anch'egli dai Primati, cioè dalle scimmie dell'antico mondo. Il signor Lyell si adagia ad aspettare tranquillamente, sperando che un dì ci giungano dall'Africa equatoriale e dalle isole dell'Arcipelago Indiano a centinaja le ossa dei nostri progenitori, cioè dei Primati antropoidi dello stampo del Gorillo, del Chimpanzé e dell'Orang-Outang.[2] Noi, meno pazienti, vogliamo un po' vedere se nell'uomo più antico che siasi scoperto finora ci sia qualche cosa di così brutto, di così scimmiesco, che giustifichi almeno tanta serietà di sospetti, presso persone così accreditate nel dominio della scienza.

1399. Nel 1857, presso Düsseldorf, in quella parte del Düssel che si chiama Neanderthal, si scoperse in una caverna uno scheletro umano, di cui agli uomini della scienza non pervennero, come al solito, che scarse porzioni; il cranio assai mutilato e alcune ossa. A qual'epoca (parlo d'epoca relativa) apparteneva quello scheletro? Impossibile il dirlo, poichè fu trovato in un fango che copriva il suolo della caverna, dello spessore di $1^m,50$,

---

[1] *L'ancienneté*, ecc., pag. 502

[2] Op. cit., pag. 530

isolato, senza alcun corteo nè d'ossami d'animali, nè di avanzi d'industria. Più tardi, ma in tutt'altra porzione della caverna, trovossi un canino di orso lungo 6 centim. Lyell non seppe decidersi a giudicarlo piuttosto di specie vivente che di specie estinta. La cosa meno probabile è che appartenga all'orso delle caverne, i cui canini misurano fin oltre 11 centim. Ma ciò non monta; quell'uomo se non era antichissimo, doveva esserlo, e come tale fu ritenuto. Le sue ossa dimostravano uno sviluppo muscolare degno di un Alcide e (ciò che andò molto a sangue de' Darwiniani) quel cranio era eccezionalmente depresso; era, secondo l'espressione di valenti cranioscopi,[1] il cranio più bestiale di tutti i cranî umani. I più valenti anatomisti gli sono addosso. Messo a confronto quel cranio col cranio di un Europeo da una parte, e col cranio di un Chimpanzé dall'altra, il cranio del Neanderthal tien la media tra i due, anzi si deprime pinttosto un pochino verso il Chimpanzé. Il signor Busk fa però notare la evidente somiglianza del cranio del Neanderthal coi cranî dell'epoca della pietra in Danimarca, di cui non sarebbe, per dir così, che una esagerazione. Schafhausen ne misura la capacità che figura nel seguente specchio comparativo:

Il più capace dei cranî europei	1781	cent. cub.
Cranio del Neanderthal	1220	"
Alcuni cranî d'Indous	718	"
Cranî del Gorillo (la più grossa delle scimmie)	539	"

Il cranio del Neanderthal ha dunque oltre al doppio della capacità del cranio della più grossa scimmia, e supera anche d'assai quella dei cranî degli Indous. Huxeley trova le proporzioni della ossa delle membra che accompagnavano quel cranio, *perfettamente umane*. Ma che importa tutto questo? Il cranio del Neanderthal è il più depresso fra i cranî umani; dunque è il più legittimo anello tra l'uomo e la scimmia.

1400. Se il cranio di Neanderthal avesse seco recato un sicuro indizio di una antichità maggiore di quella dell'età della pietra danese e svizzera, e fosse stato l'unico cranio umano fin allora scoperto, si intenderebbe come la scienza avesse tentato, in mancanza di migliori elementi, di fabbricarvi comunque un sistema, di dire almeno un motto circa la costituzione fisica degli uomini primitivi. Ma nulla di tutto questo. Fin dal 1834 lo Schmerling aveva dato tutta la pubblicità alle sue irrecusabili scoperte nelle caverne di Liegi. Sei o sette scheletri umani vi aveva scoperti, in-

[1] Op. cit., pag. 87.

dubbiamente associati agli elefanti, agli orsi, alle jene delle caverne, come più tardi si scopersero le reliquie umane ne' Pirenei: aveva già figurato un cranio ben conservato di un contemporaneo del mammouth, d'un uomo dunque che aveva la fede più autentica della massima antichità. È il famoso cranio della caverna di Engis. Or bene che vi si scorse di strano? Udiamolo dagli stessi illustri cranioscopi, che gridarono il cranio del Neanderthal il più bestiale tra i cranî umani. Burk dichiarò che a quel cranio molti analoghi possono trovarsi in individui di razza europea. Huxeley riporta uno specchio comparativo dell'*Hunterian Museum*, ove il cranio d'Engis risulta appartenere al tipo caucasico puro sangue, e regge, con insensibili differenze, a fronte di un cranio inglese, e dispera quindi (quando si voglia ammettere la teorica della trasformazione) di trovare le tracce della primitiva progenie dell'uomo in terreni posteriori ai terziarî. Lyell non sa a che appigliarsi, dal momento che il cranio del Neanderthal, di cui dubbiosa è l'antichità, si stacca cotanto dal tipo normale dell'umanità, mentre il cranio d'Engis, di cui è incontestabile l'antichissima età, si trova così presso al più elevato tra i tipi umani.

1401. Ma la cosa non si arresta a quest'uno contr'uno. Anche i fossili scoperti più tardi non vollero piegarsi nè punto nè poco al sistema dei Darwiniani. La caverna di Bruniquel (Tarn e Garonne) è descritta come quella qualunque delle caverne, ove abbondano gli avanzi d'industria e le umane reliquie, associate alle specie posterziarie estinte. Vi abbonda il *Renna*, e tra gli altri animali distinguonsi il *Bos primigenius* e il *Rhinoceros tichorhinus*. L'uomo di Bruniquel divertivasi, come l'uomo del Périgord, ecc., a incidere sulle palme di renna e sopra altri ossami, figure di pesce, di cavallo, di renna. Ma le mascelle di quest'uomo, appartengono al tipo brachicefalo. Vorrebbesi più antico l'uomo di Moulin Quignon, perchè trovossi col mammouth; ma la famosa mascella, o vera o falsa che sia, appartiene anch'essa al tipo brachicefalo, e i cranî studiati da Owen *non hanno niente che possa far sospettare che appartenessero ad una razza inferiore a quella che abita l'Europa al presente.* [1] Antichissimo poi vuolsi l'uomo di Aurignac, perchè trovossi coll'orso delle caverne; ma le sue reliquie anch'esso si ostinano a presentare il tipo brachicefalo, tipo degli aborigeni europei, che, come si trova nella prima età della pietra, si conserva nella seconda, e passa all'età del bronzo che lo tramanda all'età del ferro, e questa, attraverso cento generazioni, al secolo XIX. Uomini del preciso tipo vivono nell'alto nord d'Europa e ovunque, seguendo i limiti occidentali del nostro continente, fino in Sicilia. Gli uomini d'oggi non si sono

[1] *Matériaux*, ecc., vol. I, pag. 84.

dunque risentiti della serie dei secoli, dei millenni che li separano dagli uomini del mammouth. È un enigma che si rimette a Darwiniani per una soluzione. I fatti e gli studi, ai quali si riferisce la discussione, che resta così chiusa, li troverete tutti citati e documentati o nell'opera più volte citata *L'ancienneté de l'homme*, o nella raccolta di memorie, che, sotto il titolo stuzzicante *L'homme fossile en France*, fu pubblicata come *Appendice* all'opera di Lyell.

1402. Sarebbe qui il luogo d'intavolare un'altra questione, quella della unità della specie umana. Ma essa riguarda più gli antropologisti che i geologi. Rifletto tuttavia che la varietà delle razze si verifica piuttosto per gli uomini scoperti nelle necropoli più recenti dell'epoca archeolitica, e, se non erro, risulta al *maximum* dallo studio comparato delle popolazioni viventi. I pochi avanzi dell'epoca archeolitica depongono per l'uguaglianza, anzi per l'unità della razza umana in Europa. I dolicocefali, i cui cranî si scoprono principalmente nei monumenti dell'epoca del bronzo, accennano quasi certamente alla sovrapposizione d'una razza invadente, venuta assai tardi da estranie contrade. Successive invasioni, anche d'epoca storica, hanno accresciuta la varietà delle razze in Europa. Ne trarrei la conseguenza che la questione dell'unità della specie umana non si può trattare in ogni caso, finchè la geologia antropologica è forzata a restringersi quasi unicamente all'Europa. Intanto, se i diversi rami dell'antropologia non hanno finora prodotto nessun dato positivo per conchiudere alla pluralità della specie umana; la geologia non è riuscita nemmeno a inge-

Fig. 165. Dente di *Elephas americanus*.

Fig. 166. Dente di *Mastodon giganteus* [1]

nerarne il sospetto. Ciò, lo ripeto, riguarda unicamente l'Europa. Se vogliamo dilatarci di più, eccoci tosto alle prese coll'assoluta insufficienza delle notizie.

[1] I due denti, l'uno di *Elephas americanus* (fig. 165), l'altro di *Mastodon giganteus* (fig. 166) servono a mostrare quanto diverse esser dovevano le esigenze e le abitudini di questi due generi d'animali, benchè in genere per la forma si rassomiglino fra loro assai. Perchè estinto è il genere *Mastodonte*, e vivo il genere *Elefante*? Si spiega colla teoria di Darwin!...

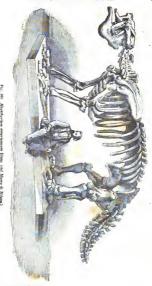
1403. Nulla, ch' io mi sapp'a dell'Asia o dell'Africa che sia meritevole di menzione. L'America anch'essa ci lascia poco men che digiuni. Anche l'America ha le sue caverne ossifere; ma il Dana dichiara che nessuna di quelle dell'America del nord porge indizio di uomo contemporaneo alle specie estinte, fra le quali, come già osservammo, nel nord d'America si conta il mammouth. Il dottor Lund invece avrebbe scoperto delle ossa umane associate a specie estinte nelle caverne del sud-America. Non so quanto le scoperte del dottor Lund siano discusse. Meritano invece speciale menzione le alluvioni, o meglio i terreni detritici superficiali delle due Americhe, che gioveranno a sviluppare il concetto dell'epoca posterziaria.

1404. L'America settentrionale vanta una fauna che, ad eccezione del mammouth, le è speciale. Il mammouth si spingeva, attraverso i piani di Siberia e il mar glaciale, quindi per lo stretto di Behring, ad invadere il continente americano fino al 40° parallelo. Un commercio di esportazione d'avorio v'era pure alimentato dalle zanne di quel gigantesco pa-

Fig. 167. Scheletro di *Mastodon giganteus.*[1]

chidermo. Ma a lui si sostituiva, nelle più meridionali regioni, l'*Elephas americanus* che non gli cedeva in mole, e più amico del caldo, abitava la Georgia, il Texas o il Messico fino ai confini meridionali del Canadà; pre-

[1] L'altezza dello scheletro qui figurato è di 11 piedi inglesi: la lunghezza, non calcolate le zanne, di 17 piedi. Le zanne misurano da sole 12 piedi, compresa la porzione inserita nell'alveolo di 2 piedi e $^1/_4$.

Fig. 168. *Megatherium americanum* Blum. (del Museo di Milano.)

diligeva il bacino del Mississipi, spingendosi, verso occidente, fino al-l' Oregon o alla California. Gli stati settentrionali dell' Unione, la Carolina, il Mississipi, l'Arkansas, il Texas, il Canadà, erano sede di un altro pachidermo, grosso come l'elefante, cioè del *Mastodon giganteus*. Altre specie tutte americane erano il *Castor canadensis*, il *Bison latifrons*, il *Cervus americanus*, il *Felis atrox*, ecc. Gli avanzi di un grosso cetaceo, *Beluga vermontana*, furono scoperti nei depositi marini posteriori del lago Champlain.

1405. L'America meridionale offre, per così dire, un mondo posterziario a sè. Per quanto si proclami l'abbondanza de' mammiferi nei terreni neozoici d'Europa, il sud-America meriterà sempre d'esser detto il regno dei mammiferi posterziarî. Senza contarci nessuna delle specie europee e nessuna, credo, delle specie dell'America settentrionale, già a quest'ora (o tali studî sono recentissimi colà) noveransi oltre a 100 specie di mammiferi, sparsi quasi su campo di recente strage nei pampas della Plata, o pigiati nelle caverne del Brasile.

Fra i carnivori (felini, orsi e cani) spicca il formidabile *Machærodus neogeus* Lund., una tigre, armata di canini, simili a lame di pugnali ricurvi, nudi per la lunghezza di 15 centimetri. Accenneremo in seguito quell'orda di mostruosi *gravigradi*, che ha riempito di stupore i natura-

Fig. 163. *Mylodon robustus* Owen.

listi. I *tardigradi* viventi, che loro si contrappongono, sono animali di piccola mole che non hanno, direbbesi, nessun' altra importanza, che di rappresentare quasi una eccezione nella natura vivente. Come mai animali

dello stesso stampo erano testè sovrani del nuovo mondo? Raccomandiamo la risposta ai darwiniani. Primeggia tra essi il *Megatherium americanum* della Pampas di Buenos-Ayres (fig. 168), mostro pesantissimo, della lunghezza di quasi 6 metri, e di quasi 2 metri d'altezza. Con lui rivaleggiavano di mole i *Mylodon*, di cui si conoscono 5 specie. Il *Mylodon robustus* (fig. 169) era lungo 3^{m} 355, ed era superato dal *Mylodon giganteus* Burm. Intermedi tra i *Megatherium* e i *Mylodon* erano gli *Schelidotherium*. Più singolari ancora per la forma erano il *Glyptodon*, dei quali rimase, per dir così, il modello in piccolo negli armadilli. I gliptodonti vantano 12 specie. Tutto chiusi entro la doppia, pesante corazza, che copriva il dorso e il ventre, chiusa la coda da pesante vagina, o coperta la testa da pesante caschetto, camminavano tutti d'un pezzo, sicuri entro l'invulnerabile armatura. Il *Glyptodon clavipes* (fig. 170) vantava una lunghezza di quasi 3

Fig.170. *Glyptodon clavipes* Owen.

metri. Nello sconfinate pianure ove i *gravigradi* mutavano i lenti passi, scorrazzavano liberi e veloci cavalli e cervi di speciale stampo, o la *Macranchenia*, che si regge tra i cavalli viventi e gli antichi paleoterì, o 4 specie di *Toxodon*, che figurano tra i tapiri e i rinoceronti, pari a questi ultimi di mole, e altri animali, le cui ossa, seminate a fior di terra in quelle sconfinate lande, rappresentano una creazione a sè, annichilita, direbbesi, jeri d'improvviso dal fiato di Dio.

Le caverne del Brasile sono ricche d'altri generi di mammiferi: un *Mastodonte*, differente da quello del nord, rosicchianti in gran numero, cavalli, tapiri, lama, lupi e una mezza dozzina di specie di pantere.

1406. Ammirò egli l'uomo questa fauna spettacolosa del Nuovo Mondo? Narrasi che un mastodonte si trovasse, come se ne trovano molti, infossato

per di dietro nel fango di quella specie di maremme. Il davanti portava le tracce dei colpi di pietra e del fuoco con che gli Indiani lo avrebbero ucciso, approfittandosi della triste situazione in che trovavasi il povero animale. Un altro era sepolto a $1^m,50$ di profondità. Vicino gli si trovarono frecce di selce, simili a quelle di cui fanno uso gli attuali Indiani: l'osso del bacino mostrava il solco di una freccia che l'aveva scalfito. D'Archiac, nelle sue recentissime *Lezioni di paleontologia*, non crede si possa aggiustar fede a tali narrazioni. Ma ammesso l'uomo americano, contemporaneo del *Mastodonte*, del *Megatherium*, ecc., non ci sarebbero argomenti per supporre un'antichità fuori dei limiti. La fauna fossile del sud-America offre piuttosto un grave problema da sciogliersi. Come mai, cioè, in epoca così recente si spense una sì copiosa e poderosa fauna? Quei colossi si trovano a profondità assai mediocri, anzi sono talora affatto superficiali e freschissimi. Un Mastodonte trovato nella New-Jersey era così ben conservato, che dal suo stomaco si estrassero 7 moggia di vegetali riferibili al *cedro bianco* che prospera ancora colà.

Se valgono le analogie, io crederei che la fauna delle caverne e delle alluvioni d'America corrisponda alla fauna delle caverne o delle antiche alluvioni d'Europa, alle faune cioè dell'êra neozoica, ossia del periodo glaciale e del periodo dei terrazzi. La fauna contemporanea dell'uomo è la fauna vivente.

1407. In fine lo studio dell'êra antropozoica non si può finora intraprendere con qualche risultato che in Europa, e quanto si disse finora circa l'uomo primitivo, riguarda sempre l'uomo primitivo d'Europa. Esso comparve sulla fine del periodo dei terrazzi; ecco quanto si può dire sull'epoca della sua comparsa. D'epoca assoluta non parliamo: finora nessun serio tentativo di calcoli in proposito. Lo studio della cronologia relativa non ci dice che questo: l'uomo è la creatura nuovissima.

Qui potremmo far punto, poichè la geologia deve ormai rassegnare il suo cómpito all'archeologia, all'etnografia, alla linguistica, le quali lo rassegneranno più tardi alla storia. Ma nella povertà dei mezzi, di cui dispongono i diversi rami dell'antropologia, la geologia può vantarsi ancora di portare qualche barlume di proprio. Perciò tiriamo innanzi, finchè sarem giunti, se è possibile, a vedere appunto insediata la storia, a cui anche l'antropologia cede la mano, in ciò che riguarda le origini e la successione delle umane generazioni.[1]

---

[1] Prendiamo l'antropologia nel senso limitato che le danno i naturalisti. L'antropologia, in generale, è la *scienza dell'umana natura*, come la definisce Rosmini. Questo sommo filosofo non ne trattò, com'egli dice, che una parte, chiamata da lui *antropologia morale*, perchè

CAPITOLO XXXII.

ETA' NEOLITICA DEL BRONZO E DEL FERRO.
SECONDO, TERZO E QUARTO PERIODO DELL'ÈRA ANTROPOZOICA.

1408. Una serie infinita di scoperte, verificatesi principalmente nell'ultimo ventennio, ci permette di ripartire in tre periodi abbastanza ben distinti la storia dell'uomo, a partire dall'epoca archeolitica. Ci sta innanzi un numero infinito di parziali depositi, rigurgitanti di reliquie umane e di umana industria, in tali condizioni, da doversi indubbiamente ritenere come più recenti dell'epoca archeolitica. La posteriorità delle nuove razze che ci si presentano si appoggia principalmente ai seguenti dati:

1.° *Assenza di reliquie di animali, appartenenti alle specie estinte caratteristiche dei terreni post-terziari.* Non più ossami di mammouth, di rinoceronte lanuto, di orso delle caverne, ecc.: non più nemmeno reliquie delle più classiche fra le specie migrate, del renna, della jena, ecc.

2.° *Presenza, anzi decisa abbondanza, di reliquie riferibili alle specie più communi degli animali domestici d'Europa.*

3.° *Notevole progresso industriale.* Armi e attrezzi che si approssimano sempre più per la forma e per la materia alle armi e agli attrezzi d'epoca storica: introduzione delle stoviglie; regolari abitazioni; pastorizia, agricoltura, commercio.

1409. Dobbiamo agli archeologi danesi (Forchhammer, Worsaœ e Steenstrup) l'avere accesa la prima fiaccola per illuminare i tempi antistorici. Due fatti geologici, cioè due depositi, si presentano in Danimarca, il cui studio fu fecondo di brillanti risultati, i Kjökkenmöddings e i Skòvmoses. I Kjökkenmöddings (dal danese *kjökken* cucina, *möddings* avanzi, rigetti, rifiuti) sono certi cumuli o colline, allineati sulle spiagge della Danimarca e delle isole circostanti (Seeland, Jutland, Isole Fyen, Moen,

---

riguarda l'uomo dal lato morale. L'antropologia dei naturalisti ne tratta un'altra parte, la quale riguarda l'uomo come ente animale, e potrebbe dirsi per ciò *antropologia fisica*. A questa spetta il disputare delle origini dell uomo, dell'unità della specie umana, della produzione e successione delle razze, ecc.

Samsoe, ecc.). Si trovano sul lido, ma talvolta fin a due miglia dal mare: sono alte da 1 a 3 metri sulla base di 50m a 65m e lunghe fino a 300m. Si direbbero dune naturali o trincero fabbricate ad arte. Esamiuandone però la compagine, si trovano composte, per la massima parte, di cocci e conchiglie marine. Sarebbero dunque banchi di conchiglie ammassate, come si verifica altrove, dall'impeto delle onde?... Ma anzi tutto si riconosce che quelle conchiglie, ammassate in sì gran copia, appartengono a un piccolo numero di specie e queste sono le più mangerecce. Vi predominano l'ostrica mangereccia commune (*Ostrea edulis*), quindi il pidocchio di mare (così si chiama a Venezia il *Mytilus edulis*), poi il *Cardium edule* con altre specie pur sempre mangerecce. Noto di passaggio come l'*Ostrea edulis* sia sparita dal Kattegat e le altre due specie vi si trovino, ma piccole, intisichite. Il fenomeno si attribuisce alla diminuita salsedine del Baltico.

Una più minuta analisi di quei mucchi vi scopre ceneri e carboni spenti, vi scopre ossami di mammiferi, di uccelli, di pesci.

Tra i mammiferi distinguonsi il castoro o l'uro (*Bos primigenius*).

L'unico animale domestico sarebbe il cane, a cui si attribuisce lo stato di molti di quegli ossami, rosicchiati nella parte più molle.

Gli altri animali dovettero essere preda di un popolo dedito alla pesca del pari che alla caccia. Diffatti abbondano le armi di osso, di corna di cervo, e si distinguono singolarmente le armi di selce di meravigliosa fattura, benchè ottenute semplicemente a *colpo*, cioè staccando successivamente le scheggie dal pezzo di selce che si voleva foggiare, percuotendolo certamente con altro pezzo di selce.

Le reliquie umane vi sono assai rare, ma se ne raccolsero abbastanza per conoscere come quella razza d'uomini aveva il cranio rotondo e i denti che s'incontravano, anche gl'incisivi, in luogo d'incrociarsi. È il carattere anche attualmente di qualche razza di selvaggi.

1410. Ecco dunque rappresentata nei Kjökkenmöddings un'epoca, o meglio una popolazione che non conosceva metallo e a questo sostituiva la pietra lavorata. Saremmo dunque sotto questo rapporto ancora al livello delle popolazioni dell'epoca archeolitica.

Chi tuttavia confronta una collezione di armi danesi con altra di armi archeolitiche, prese in qualunque delle località indicate nel capitolo precedente, trova che l'umana industria ha fatto dei passi giganteschi. Quelle accette di selce hanno una forma regolarissima, che già si approssima a quelle delle nostre scuri di ferro. Le punte di lancia poi, così lunghe, così ardite, così regolari, costrutte di una lamina di selce sottilissima, a labbri taglienti, presentano un qualche cosa che ci fa meravigliare, e domandare a noi stessi quanto si sia guadagnato coll'uso dei metalli. Ma

i fatti, che più ci obbligano a considerare i primitivi abitatori della Danimarca come più moderni delle popolazioni archeolitiche, ci sono forniti dalla paleontologia. Lasciando pure indecisa la questione se l'uomo archeolitico visse coi grossi pachidermi e colle fiere delle caverne ora estinto, è un fatto intanto che i loro ossami non si mostrano più in nessun modo misti alle reliquie umane nei Kjökkenmöddings. Compare in quella vece il cane domestico; e gli altri animali (ad eccezione dell'uro, spento in epoca storica) appartengono a specie viventi. Da questa età della pietra, rappresentata dai Kjökkenmöddings, si passa immediatamente ad altre, che, considerata la natura e la forma dei prodotti d'industria, accennano a collegarsi colle epoche più avanzate dell'umana civiltà, e precisamente coll'epoca storica. Nessuno finora potè osservare un tale passaggio per l'epoca archeolitica, la quale rimane ancora isolata, senza presentare alcun nesso, nè archeologico, nè storico, colle età più recenti.

1411. In fatti gli Skòvmoses o maremme a foreste, continuando, per dire così, la storia degli antichi popoli danesi, appena iniziati dai *rifiuti di cucina* a cui meravigliosamente si addentellano, la traggono fino alle soglie della storia. Si diè nome di Skòvmoses a certi bacini torbosi, probabilmente non altro in origine che stagni e lagune nei terreni d'indole alluvionale. Essi bacini variano d'estensione, e lo spessore del deposito torboso è di 10 metri e più. Lo studio del riempimento torboso offrì un'interessantissima serie di strati. Distinguesi primieramente una parte perimetrica o littorale, dove doveva in origine levarsi più rapidamente il deposito torboso e offrire un suolo alle foreste, che dovevano naturalmente guadagnar terreno verso il centro del bacino, mano mano che la torba si avanzava dalla periferia al centro a compirne il riempimento. Abbiamo così una doppia serie di strati, la prima di torba commune, l'altra di torba legnosa, cioè composta di piante, anzi di foreste accatastate le une sulle altre. Ecco la distinta delle due sorie:

Strati di torba dal basso all'alto.

1.° 0m 50 a 1m 25 di torba nera amorfa. Nessun avanzo d'industria.

2.° 1m a 1m 30 di torba muscosa con pini. Oggetti d'umana industria, armi di pietra, nessun indizio di metallo. Complessivamente una perfetta corrispondenza di caratteri coi Kjökkenmöddings.

3.° Torba di erica con betulo e ontani. Avanzi d'industria, tra i quali molti oggetti di bronzo.

4.° Torba con betule e noccinoli. Oggetti d'industria, tra i quali utensili di ferro.

Serie littorale o forestale.

1.° Selve (ridotte a letto torboso) di *Pinus silvestris.* Oggetti d'industria come nelle torbe n. 2.

2.° Selve di *Quercus robur* (quercia commune), betule, nocciuoli. Avanzi d'industria come nelle torbe n. 3.

3.° Selve di *Fagus silvestris* (faggio commune).

Ecco una prima cronologia umana, basata sulla corrispondenza di due serie stratigrafiche contemporanee. Gli archeologi danesi poterono così stabilire tre epoche successive, segnate ciascuna da progressi speciali dell'umana industria, cioè le ormai famose tre età, della *pietra*, del *bronzo*, del *ferro*, quasi tre anelli che i primi abitatori della Danimarca congiungono cogli attuali. Non occorre il dire che qui, come sempre in geologia, trattasi di cronologia relativa, non assoluta; trattasi, cioè, del prima e del poi, non già del quando e del quanto.

1412. Ciò che vi ha di ben riguardevole in linea geologica si è il diverso carattere della vegetazione forestale nelle tre epoche. La coincidenza delle tre epoche forestali colle tre epoche industriali può ritenersi quello che si dice una cosa fortuita; ma il fatto di quelle metamorfosi forestali è veramente imponente e d'un grande interesse per la scienza. Il *Pinus silvestris*, di cui eran dense le foreste dell'età della pietra è ora scomparso dalla Danimarca. La quercia, che fitta adombrava nell'età del bronzo, è ora scarsa nella Danimarca e tende a scomparirvi. Resta il faggio, il quale sviluppossi nell'età del ferro, ed è al presente il sovrano delle foreste danesi.

1413. Le scoperte danesi rimasero per alcun tempo come un fatto isolato; ma nel 1853 e nel 1854, approfittandosi delle magre eccezionali, si eseguirono dei lavori a Meilen sul lago di Zurigo. Il fondo del lago prossimo alla spiaggia trovossi irto di una palafitta d'epoca sconosciuta, quindi tra il fango e le sabbie si raccolse gran copia di oggetti affatto strani. Erano frecce e coltri di selce; erano pietre lisciate o foggiate in forma di ferro di accetta; punte di osso, cocci grossolani composti, non di duttile argilla, ma di un tritume di roccie cristalline; erano in fine una ricca rappresentanza di una primitiva industria, di qualche cosa di molto inferiore alla selvaggia industria delle popolazioni oceaniche. Per buona sorte quegli oggetti, in luogo d'essere travolti, come avviene d'ordinario in simili casi, di nuovo nel fango, caddero in mano di chi vi scorse, per dir così, il frontispizio di un gran libro sulle età antistoriche.

Ferdinando Keller, l'illustre archeologo di Zurigo, avrebbe facilmente riconosciuti i rapporti che quegli oggetti avevano con quelli dell'età della

piotra in Danimarca; ma ad un ingegno meno acuto potevano ancora sfuggire facilmente quolli cho gli stessi oggetti avevano con oggetti assai più vicini, con qaei medesimi piuoli, fra i cui intervalli si pescavano gli strani attrezzi. L'aver colpiti tali rapporti, avanzò in pochi anni la scieaza dollo età antistoricho di tanto, quanto non l'avrebbero fatto in più secoli le fortuite scoperte, cho meno bene fossero capitate.

La prima pubblicazione di Keller, che annunciava nel 1854 l'esistenza di *abitazioni lacustri*, produsse un vero entusiasmo, che ebbe per effetto la scoperta di centinaja di quelle abitazioni lacustri in tutti i laghi della Svizzera.

1414. Non potendo spendere soverchie parole sa tale argomento, vi enuncierò come un fatto ciò che risulta dallo indagini più scrupolose, o ciò ch'è ammesso da tutti gli uomini della scienza, i quali siansi appena seriamento occupati di tale argomento. Gli antichi abitatori della Svizzera, in luogo di fabbricarsi delle case a modo nostro, avevan scelto di dimorare quasi sospesi sulle onde. A tal nopo piantavano un gran numero di piuoli e d'antenne nol foado dei laghi. Scarsi da principio di mezzi, per ben assicurarli entro il fondo, ndanavano sull'area occupata dalla palafitta un gran numero di pietre, finchè formassero un cumulo che si innalzava quasi a fior d'acqua. Tali cumuli erano conosciuti dai pescatori, che ne ignoravano l'origine, ma li distinguevano col nome di *Ténevrière* nella Svizzera francese, e di *Steinberg* (monti di pietre) nolla Svizzera tedesca. I pali emergevano naturalmente dalle acque, o sostenevano una larga impalcatura di tavole, sulla quale si edificavano le capanne, pur di tavole, con tetto di paglia.

La cosa riesce a noi così stravagante che, quando la si odo la prima volta, si ritiene ad ogni costo che, so di abitazioni trattasi veramente, questo dovevan sorgere sul lido: nè è fenomeno strano allora cho lo acque dei laghi si siano alzate, per l'ostruzione degli emissari o altrimenti, ed abbian permanentemente inondato qaelle povere costruzioni. Ma non è punto così. Vedremo come le palafitte lacustri siano, non più cosa svizzera, ma un vero monumento dei tempi preistorici in Europa. Ora so si alzarono i laghi svizzeri, dovevano egualmente alzarsi tutti i laghi dell'Europa? Nulla autorizza un tale supposto. Perchè poi, volendosi edificare in terra, si sarebbe prima costrutta una donsa palafitta o meglio una foresta di pali? La palafitta di Morges (lago di Ginevra) vanta una superficie di 15,000 m. quadrati; e quanto al numero dei pali fu calcolato di 4000 nella sola località di Wangen (lago di Costanza).

1415. Del resto le abitazioni lacustri, in luogo di isolare quelle antiche tribù, come in nessuna possibile connessione con quanti umani consorzi di

cui conosciamo storicamente le abitudini, conciliano impensatamente e in modo veramente meraviglioso questo fatto, con quanto sappiamo storicamente di popoli antichissimi da una parte, e di popoli moderni, ma selvaggi come gli abitatori delle palafitte, dall'altra.

« I Peonî del lago Prasias, scrive Erodoto, non poterono essere soggiogati da Megabise. Le loro dimore sono costrutte nel modo seguente: fissano sopra delle palizzate infisse in fondo del lago un' impalcatura in communicazione col lido per mezzo di un sol ponte. Ciascuno ha la sua capanna con un terrazzo che dà sul lago e, per paura che i loro bambini cadano nelle acque, ve li raccomandano con una corda. »

Ora sembra che i Portoghesi abbiano trovato ai tempi nostri le stesse difficoltà, e per la stessa ragione, nel soggiogare gli abitatori del lago di Tondano (Oceania, isole Celebe) che trovò Megabise nel soggiogare gli abitatori del lago Prasias ai tempi antichissimi. Il villaggio di Tondano è fabbricato sulle rive del lago di questo nome; ma dalle palafitte che ancora sussistono può ciascuno di leggieri accorgersi come fosse già sospeso in seno alle onde. Una rivoluzione dei nativi obbligò i Portoghesi a puntare i cannoni contro quelle abitazioni lacustri, e da quel giorno fu proibito di costruire altrove che in terra. Solo è permesso a quel popolo di pescatori di appressarsi colle loro abitazioni all'acqua quanto lor piace. Lo stesso costume delle palafitte fu scoperto presso i Papous. Il villaggio di Dorci (Nuova Guinea) consiste appunto di abitazioni d'una grande lunghezza, fabbricate di rozze tavole e sostenute all'altezza di otto a dieci piedi sulla superficie del mare, mediante palafitte. Troverete questi particolari nelle raccolte dei viaggi. Il *Voyage pittoresque autour du monde*, pubblicato a Parigi sotto la direzione di Dumont d'Urville, offre anche i disegni di quei villaggi marini o lacustri. Nè i viaggiatori seppero indovinare il motivo di quel singolare costume degli Oceanici, come nol seppero finora gli archeologi riguardo agli antichi abitatori della Svizzera. Ma il fatto non è perciò meno constatato.[1]

---

[1] Il signor Decker che abitò alle Celebe, e conobbe assai bene i costumi di quei paesi, mi assicurava che le abitazioni lacustri avevano un doppio motivo naturalissimo; cioè il bisogno di difendersi dalle tigri e dai terremoti, due flagelli ugualmente communi e formidabili in quei paesi. Servono benissimo contro i terremoti le case pensili, oscillanti sulla palafitta, e serve benissimo contro le tigri il piantarle in mezzo alle acque. Per motivare le abitazioni lacustri dei primi abitatori d'Europa, basta, per mio avviso, il supporre per loro la necessità di difendersi dalle bestie feroci; poichè, se si doveva per tale difesa circondare di acque le abitazioni, il partito più semplice era quello di piantarle su pali in mezzo ai laghi. Quanto alla necessità supposta, la riterremo anche dimostrata: poichè certamente i nostri paesi non dovevano essere allora meno infestati dagli orsi e dai lupi, di quello che noi siano attualmente i paesi asiatici equatoriali dalle tigri.

1416. Ciò invece che è di massimo interesse per noi si è il sapere che lo studio comparativo delle palafitte condusse allo stesso risultato de' Skòvmoses danesi, ad ammettere cioè le tre successive età *della pietra*, *del bronzo* e *del ferro*.

1417. Le palafitte dell'età della pietra hanno dei caratteri speciali. Sono più vicine al lido, meno profonde. I piuoli sono assai grossi, emergono appena dal fondo, o meglio da quel cumulo di pietre che i costruttori vi adunarono intorno, perchè servissero di sostegno alle mal ferme costruzioni. Le *Ténevrières*, o *Steinberg*, sono una delle principali caratteristiche delle abitazioni lacustri dell'epoca della pietra. Dove però il fondo era molle e fangoso, abbastanza perchè i piuoli vi si potessero impiantar facilmente, l'operazione dello *Steinberg* era risparmiata. Gli ossami vi sono assai più copiosi che nelle palafitte del bronzo: orso, tasso, faina, martora, puzzola, ermellino, lontra, lupo, volpe, cane, gatto, porcospino, castoro, scojattolo, cavallo, porco, cignale, alce, cervo, capriolo, daino, montone, bisonte, capra, e una quantità di ossami di bue domestico. Si nota inoltre il *porco delle torbiere* (*Sus palustris*), che abbonda nelle palafitte svizzere, ed è specie estinta.

L'unico teschio umano che vi si scoperse fiuora si avvicina al tipo più commune nella Svizzera. Lance, frecce, cultri, seghe di selce; azze e martelli di diorite, di quarziti, di serpentino con manico di legno o di corno di cervo; punte e scalpelli di osso, pietre da macina, fusajole di pietra, ecc., formano ricco corredo a quelle abitazioni. Le reti di lino accennano ai costumi pescherecci, come i frutti e i grani, di cui si trovarono veri magazzeni, attestano la pratica dell'agricoltura. Rimarchevoli sono singolarmente le grossolane stoviglie, di cui un solo frantume può bastare per farvi certi dell'epoca antichissima di una palafitta, che veniste per avventura a scoprire. Constano di una pasta argillosa assai grossolana, che cementa un tritume di roccie cristalline. La *mezzaluna* di pietra, scolpita in un sol pezzo col piedestallo, che servireb bo a tenerla ritta sull'altare, è l'unico simbolo religioso che accusa un culto speciale alla dea della notte. Nessuna traccia ben accertata di metallo.

1418. Le palafitte dell'età del bronzo son pur esse distinte da una fisionomia particolare. Non più *Steinberg;* i pali più numerosi e assai più lunghi e sottili; sicchè le palafitte sono assai più profonde e più lontane dal lido. Le stoviglie sono ancora di quella specie di arenaria artificiale già descritta; ma la pasta n'è assai più fina, le pareti del vaso sottili talora come le nostre migliori terraglie, le forme assai eleganti; vi si aggiungono le anse, e vi appajono graziosi ornamenti a disegni geometrici, a punteggiature o graffito. Le fusajole sono di terra in luogo d'essere di pietra; ma il carattere del'

l'epoca è il metallo da cui prese il nome. Gli oggetti di bronzo vi sono a ribocco. Azze, coltelli elegantissimi, scalpelli, spade, punte di lance, frecce, tutto di bronzo d'ottima lega, e di tale perfezione ed eleganza di forme, che non hanno nulla da invidiare agli uguali strumenti dell'età nostra. Si sviluppa in un modo singolare il gusto degli ornamenti femminili. Tali almeno devono ritenersi le spille a capocchia adorne di disegni geometrici, di spire, ecc., gli orecchini, i braccialetti.

La fauna non è cambiata, e i due unici teschi umani descritti da Desor indicano una razza piccina, poco bene conformata. Le corte impugnature delle spade accusano esse pure la piccolezza della razza. Rutimeyer e His vi ravvisano il tipo di Sion, cioè la razza più sparsa in Svizzera nelle epoche preromane.

1419. Una sola stazione, quella della Tène, presso Marin sul lago di Neuchâtel, rappresenterebbe l'epoca del ferro. Per compenso quella stazione sarebbe veramente tipica, o servirebbe di anello tra le epoche della pietra e del bronzo o l'epoca storica. La palafitta non è punto diversa da quella del bronzo; ma al bronzo è sostituito il ferro. Anzi l'industria siderurgica vi appare così sviluppata, che si sente il bisogno di un intermezzo, per legare un po' meglio all'età precedente questa, ove l'industria e i costumi accennano ad un mutamento sensibile di arti e di abitudini. Esso mutamento non si può imaginare avvenuto da un giorno all'altro, o se così avvenne, non potrebbe spiegarsi che ammettendo una invasione straniera, la quale venisse a modificare rapidamente e radicalmente le abitudini dei popoli primitivi, importandovi già adulta l'industria del ferro. Magnifiche spade, acuti giavellotti, ferri di lancia dalle formidabili forme sinuose e dentate, tutto accenna ad un popolo belligero. Azze, falci, fibbie, anelli, tutto è di ferro. Il bronzo vi figura come una vera eccezione. Ma la scoperta più importante si è quella di un gruppo di animali che adorna la vagina di una spada. È il primo saggio di disegno imitativo che si trovasse nelle palafitte (salvo la mezzaluna), e gli archeologi vi riconobbero il *cavallo cornuto*, l'emblema caratteristico dei Galli. Più tardi la stazione della Tène offrì anche alcune medaglie di bronzo fuso. Portano sopra una faccia il rilievo di una testa di profilo, dall'altra ricompare il *cavallo cornuto*. Ultimamente si estrasse dalla palafitta un teschio umano ben conservato. La forma vi è tutt'altro che vantaggiosa, e non avanza sotto questo rapporto le razze delle età precedenti, se pur non resta addietro. I denti, non solo i molari, ma i canini e gli incisivi, sono profondamente erosi, come tutti egualmente avessero servito alla masticazione. Quel cranio non sorte però neppur esso dal gruppo dei crani elvetici, e si avvicina, più che ad altri, al tipo di Sion.

1420. Dato l'allarme, tutti furono in piedi. Le palafitte non comparvero più come un fenomeno isolato, ma come un fatto universale per l'Europa. È impossibile di tener dietro a tutte le scoperte fatte in questi ultimi anni, e rendersi conto di tutti gli scritti pubblicati. Per sventura, quanto più abbonda l'analisi, altrettanto difetta la sintesi. Dopo aver passato in rassegna quella farragine di memorie, come avessimo detto, che tutta l'Europa è seminata di avanzi, ove si ripetono le identiche forme degli oggetti raccolti nelle palafitte svizzere; che tutti i musei ne rigurgitano; che ovunque le selci lavorate e le rozze stoviglie dicono una *seconda età della pietra*, a cui succede un'*età del bronzo*, rappresentata da questa lega metallica, foggiata in armi e arnesi di squisito lavorio, i quali, se colla loro sostanziale uniformità dicono una stessa epoca e una stessa civilizzazione, colla varietà e bellezza loro affermano un incivilimento alto e progressivo, quello che si direbbe l'uscita dalla barbarie primitiva; come avessimo detto finalmente che a quelle reliquie nessuna memoria storica evidentemente si lega, mentre la comparsa del ferro segna un'epoca più vicina, a cui si estendono già i dominî della storia, avremmo finito.

1421. Con ciò non vogliam dire che tutta l' Europa fosse abitata dallo stesso popolo o dalle generazioni successive di una stessa razza; che tutti gli Europei avessero contemporaneamente le stesse abitudini, gli stessi costumi; che tutte e ovunque le successive generazioni ugualmente progredissero. No: l'uguaglianza che ammettiamo fra i diversi popoli d'Europa, nei diversi periodi in cui si può o si potrà dividere quel lungo lasso di tempo che corse fra l'epoca archeolitica e l'epoca storica, va ammessa sostanzialmente, o nel senso a un dipresso in cui la si può ammettere pei moderni Europei, i quali sono arrivati su per giù allo stesso grado di coltura, si servono delle stesse materie, hanno adottato le stesse forme artistiche, oscillano colle stesse gradazioni di credenze religiose e politiche, benchè vestano diversamente, abbiano diversa architettura, presentino in fine una varietà infinita di usi. Non si può asserire, p. es., che gli uomini neolitici e dell'epoca del bronzo abitassero tutti sulle palafitte lacustri; come non si può dire che le palafitte fossero le esclusive abitazioni dei popoli che avevano questo costume: mentre le armi e gli attrezzi, sparsi ovunque, dicono staz'oni anche lontane dai laghi, e specialmente nelle caverne. L'Irlanda presenta, p. es., delle abitazioni lacustri, ma non delle palafitte. I *cramnoges* dei laghi di quell'isola, sono cumuli di pietre sostenuti da palafitte, e richiamano gli *Steinberg* dei laghi svizzeri. Quei cumuli emergevano però dalle acque, formando altrettante isole artificiali. Anche i *cramnoges* rimontano all'epoca neolitica. Quanto alle caverne, esse presentano ovunque depositi riferibili all'epoca neolitica e a quella del bronzo. Le caverne

di Tarascon (Ariège), in molte delle quali s'incontrano focolari, ossami, o selci lavorate, possono con sicurezza sincronizzarsi colle palafitte della Svizzera. Gli stessi animali, gli stessi stromenti, lo stesso genere di agricoltura, gli stessi costumi, per quanto almeno l'nguaglianza di costumi può stabilirsi per una popolazione troglodita, in confronto di abitatori dei liberi laghi. Le caverne d'Italia sono ovunque veramente zeppe di reliqnie riferibili alle epoche suddette. Lo sono anzi tutto in Lombardia le poche studiate finora, quelle, p. es., dei dintorni del lago d'Iseo. Nella caverna detta *Buca del corno* sopra Entratico (Val-Cavallina) i signori Forsyth Major ed E. Sproafico estrassero, da uno strato di terriccio, carboni, ossa, fra cui due lavorate, due frammenti di cultri di selce e alcuni frantumi di rozze stoviglie. Il *Buco del quai*, tra Iseo e Pilzono, offerse agli stessi molte grossolane stoviglie e ossa cilindriche di animali, spaccate evidentemente per estrarne la midolla.

1422. Merita speciale menzione la caverna di Levrange (Val-Sabbia) detta il *Buco dell'Eremita* (fig. 171). Essa non vanta che una lunghezza

Fig. 171 Il Buco dell'Eremita a Levrange.
A. Humus giallo a ossami - *B.* Stalagmite - *C.* Argilla gialla plastica.

di 55 metri. È difesa da esterne innondazioni, ma uno spiraglio aperto nella vôlta ha fatto sì, che le pioggie, lorde di terriccio, l'abbiano infangata. La camera terminale tuttavia, dove si penetra saltando da un alto gradino scoglioso, può dirsi al sicuro da ogni agente esterno. In mezzo a quella camera quasi circolare sorge un grosso moncone di stalagmite; il suolo all'ingiro era piano e formato da un deposito argilloso, meglio da un vero fango grasso e putrido, tutto pieno di ossami conservatissimi, o spalmati da quell'adipo-cera che è sovente prodotto dalla decomposizione dei cadaveri. Appartenevano almeno ad una decina di specie: lupi, volpi, faine, puzzuole, marmotte, topi, lepri, porci, e sopratutto abbondanti i denti di

cervo o di stambecco. Il deposito ossifero giaceva sopra il velo stalagmitico che deriva dal moncone sorgente nel mezzo. Rotto il velo stalagmitico, trovai che esso copriva un secondo deposito di argilla gialla plasticissima; ma questa era priva di ossami.

Visitando quella caverna parecchi anni prima che le scoperte nelle caverne e nelle alluvioni francesi avessero desta l'attenzione dei geologi,[1] benchè avessi rimarcato dei frammenti di carbone in quello strano deposito, non considerai la caverna di Lavrange altrimenti che come una delle communi caverne ossifere posterziarie. In questo senso ne ragiono nelle mie *Note ad un corso di geologia*.[2] Lo studio degli ossami fu fatto dal professore Cornalia, il quale, occupandosi unicamente della determinazione delle specie, non si accorse della vera natura del giacimento. Nello scorso anno (1872) il signor Forsyth Major, visitando quelle caverne si accorse dell'errore: i carboni e le ossa, per la maggior parte spezzate ad arte, gli rilevarono indubbiamente una stazione preistorica, molto antica certamente, se ancora in quella regione abbondavano le marmotte, confinate ora entro i più ermi recessi delle Alpi, e gli stambecchi, confinati allo stesso modo, e in via di spegnersi, quando non siano già spenti.

1423. Passando all'Italia centrale, eccoci, p. es., la caverna di Montetignoso nelle Alpi Apuane, la quale contiene, giusta le osservazioni di Igino Cocchi, selci lavorate, azze o scalpelli di afanite, e gran copia di ossa umane, miste a molte altre di animali domestici; può ritenersi una necropoli neolitica. Nell' Italia meridionale poi si incontrano a centinaja le caverne littorali, rigurgitanti sovratutto di armi di selce dell'epoca neolitica. Le stazioni aperte nell'interno della penisola s'incontrano dappertutto nella Liguria, nella Toscana, nella Romagna, nel Napoletano, ecc., come s'incontrano nell'isola d'Elba o nelle altre isole del Tirreno. Molto interessanti sono, p. es., le scoperte del prof. Bellucci nel territorio di Terni.[3]

1424. Presso la Caduta delle Marmore, alla profondità da 1^m 40 a 3^m 50, sotto il suolo, in parte lacustre, in parte originato dalle frane locali, si mostra uno strato dello spessore di 0^m 30 zeppo di carboni, ceneri, stoviglie e ossami. Il Bellucci vi sospetta una palafitta dell'antico lago, che doveva formare il Velino. Gli oggetti, a ogni modo, corrispondono a quelli delle più antiche palafitte della Svizzera e della Lombardia: stoviglie di fattura tutta primitiva, raschiatoi, coltri, seghe di selce, ossa spaccate per

[1] La descrizione della caverna di Levrange fu da me pubblicata nel 1858 (*La Cronaca* di I. Cantù, anno IV, dispensa 22ª). Le osservazioni del signor Lartet sulla caverna di Aurignac sono del 1860, e la scoperta della celebre mascella di Moulin-Quignon appartiene al 1863.

[2] Volume II, § 496-500.

[3] *Atti Soc. Ital. di sc. nat.*, vol. XIII, pag. 149.

estrarne il midollo. Quegli oggetti poi sono disseminati ovunque nel sottosuolo che rappresenta il fondo dell'antico lago. Tutto ciò, s'intende, finchè si resta a una certa profondità.

Ascendendo invece verso la superficie del suolo, si passa dalle stoviglie più grossolane, non cotte e non tornite, a quelle cotte e fatte al tornio, approssimantisi, per la loro finezza, alle stoviglie romane, e dalle selci ai pezzi di bronzo e di ferro. I primi pezzi di questi metalli si trovano misti alle selci in uno strato di argilla appena superiore al giacimento caratterizzato dalle accennate reliquie d'industria più primitiva. Superiormente allo strato argilloso, e in prossimità del terriccio vegetale, si raccolsero monete romane. Non si può senza un senso di maraviglia osservare l'enorme quantità di quegli oggetti preistorici. Il prof. Bellucci potè esaminare circa 1100 oggetti in pietra, tutti raccolti nelle vicinanze di Perugia. Per metà sono cuspidi di lancia e frecce di selce, così ben lavorate come quelle di Lombardia: l'altra metà è di cultri, raschiatoi, accette, cunei, mazzuoli, scheggie o nuclei di selce, a cui si aggiungono accette e cunei di serpentino levigato, di afanite e di saussurite. Quegli avanzi rendono omaggio alla singolare attività industriale di una popolazione che si era stabilita in tutta quella regione, ove sorgono oggi le città di Perugia, Terni, Narni, Todi, Assisi, Città di Castello, Cesi, Foligno, ecc.

1425. Nel Napoletano le reliquie dell'epoca neolitica e del bronzo sono ovunque abbondanti, benchè finora, ch'io mi sappia, non siansi scoperte abitazioni lacustri. Gli stessi avanzi si raccolgono in Sicilia da mucchi littorali, che si rassomigliano perfettamente ai Kjökkenmöddings di Danimarca.

1426. Pare tuttavia che il costume delle palafitte fosse pressochè universale in Europa durante i periodi neolitico e del bronzo. Esse infatti si andarono successivamente scoprendo nei laghi e nelle torbiere in Francia, nell'Hannover, in Olanda, in Germania, e specialmente in Italia.

Diremo qualche cosa di più speciale riguardo a quest'ultimo paese che, studiato più tardi, non trovossi per ciò meno abbondante di ciò che parve a prima giunta doversi considerare come una singolarità tutta transalpina. Il fondo delle torbiere del Piemonte, come quello dei laghi e delle torbiere della Lombardia e della Venezia, trovossi tutto, come il fondo delle torbiere o dei laghi della Svizzera, palafittato. La comparsa dei piuoli, costituenti propriamente la palafitta, è anche qui quasi invariabilmente accompagnata da un rigurgito di oggetti o di selce o di bronzo, o dalla miscela degli uni cogli altri. Nessuna sostanziale differenza tra gli oggetti che si raccolgono fra noi e quelli che si raccolsero oltremonti: le stesse stoviglie, le stesse armi e gli stessi attrezzi. Raccomando al lettore

la Memoria di Camillo Marinoni *Sulle abitazioni lacustri e gli avanzi dell'umana industria in Lombardia*,[1] alla quale va aggiunto uno *Schizzo topografico generale delle stazioni preistoriche della Lombardia.* Vedrà come la popolazione proistorica della pietra o del bronzo era densa principalmente nei dintorni del Lago maggiore, dove s'era stabilita sui laghi occupati ora dalle torbiere di Marcurago o della Brabbia, o ancora esistenti sotto ai nomi di lago di Varese, di Monate, di Comabbio. Nel solo lago di Varese si scoprono sette bellissime stazioni lacustri. Le torbiere, che riempiono parzialmente i bacini occupati dai laghi di Pusiano e di Annone, offrirono anch' esse numerosi avanzi dell' industria primitiva, e una vera stazione lacustre si scoprì all' isoletta dei Cipressi nel lago di Pusiano. Numerosi avanzi attestano una serie di stazioni lungo l'Adda fra il lago di Lecco e il Po. Le torbiere di Torbiato in riva al lago d'Iseo mostraronsi ricche di quegli oggetti preistorici. Finalmente le popolazioni preistoriche si addensano di nuovo singolarmente nei dintorni del lago di Garda, rappresentate da numerose palafitte nel lago stesso, e da stazioni fra il Chiese e il Mincio.

1427. Confrontando però le palafitte d' Italia con quelle della Svizzera, in base alle caratteristiche stabilite da Desor, per distinguere le palafitte della pietra da quelle del bronzo, si verificano alcune divergenze. In Italia, p. es., non si scoprono delle palafitte che possano dirsi con certezza appartenenti, come le svizzere, ad un'epoca in cui fosse interamente sconosciuto l'uso dei metalli. Quella soltanto che io scopersi all'*Isolino* sul lago di Pusiano ne ha tutti i caratteri. È piccola, prossima al lido. Sul lido stesso, scheggie di selce in abbondanza, e un solo abbozzo di freccia. Ma chi oserebbe fondarsi sopra così poveri indizi? Giudicando però meno sistematicamente del valore delle caratteristiche stabilite da Desor, per distinguere le palafitte delle tre età, le stazioni del lago di Varese rappresentano appuntino l'epoca della pietra. In tre delle sette o otto stazioni di quel lago si scoperse l'amo di bronzo, il primo strumento forse per cui le necessità della pesca avessero suggerito l' impiego del metallo. Nella palafitta di Bodio si raccolsero inoltre uno spillone e due punte di lancia in bronzo. Basta ciò adunque per classare quelle stazioni tra le stazioni del bronzo? Ma le palafitte del bronzo sono assai profonde e discoste dal lido: queste nol sono che mediocremente; le palafitte del bronzo hanno piuoli sottili: queste li hanno in genere assai grossi; in quelle non rimarcansi *Steinberg*, ossia cumuli di pietre: in queste sì. Due veri *Steinberg* sono le due palafitte

[1] *Memorie della Soc. Ital. di scienze naturali.* Volume IV, 1868.

dell'Isolino e di Bodio. La seconda lo è tanto, che prima ancora che la si scoprisse come stazione lacustre, era conosciuta come cava di pietre, di cui pochi anni or sono esportavansi molte barcate per uso di fabbrica. Eppure quand' io la vidi figurava ancora come un largo cumulo di sassi, tanto più rimarchevole in quanto il fondo all' ingiro è assolutamente fangoso. Del resto le freccie, i coltri, le seghe di selce, per non parlare delle scheggie, vi si raccolsero a centinaja. Non parliamo degli ossami, degli strumenti di osso, delle azze di pietra levigata, delle stoviglie tanto grossolane, che non ne vidi di simiglianti nemmeno in Svizzera. Ve ne sono però anche di fine, di quelle che presentano un'ansa, comunque rozza, e qualche frantume con ornamenti a graffito. Alle fusajuole di arenaria, caratteristiche dell'epoca della pietra, trovammo associate oltre di terra da stoviglie, caratteristiche dell'epoca del bronzo. Infine, mentre la maggior parte dei caratteri depone per l'epoca della pietra, quale è presentata dalle più antiche palafitte svizzere, alcuni di essi stanno per l'epoca del bronzo. È naturale il concludere che le palafitte di Varese presentano un'epoca di transizione tra la pietra e il bronzo; meglio, che quelle palafitte, originarie dalla pietra, durarono tanto che vi si introdusse a suo tempo, benchè scarsissimo, il bronzo. Più tardi, come in Svizzera, il bronzo prese il sopravvento sulla pietra, e tutto annuncia un rapido sviluppo della civilizzazione. Le torbiere della Brabbia, p. es., le quali indicano delle palafitte contigue a quelle del lago di Varese, mostrano il bronzo assai più abbondante che in questo. Ma l'epoca del bronzo, nel suo meriggio, è rappresentata in Italia specialmente dalle *terramare* dell'Emilia. Se queste non sono vere palafitte lacustri, come credono i signori Pigorini e Strobel, che primi e colla più esemplare perseveranza se ne occuparono, presentano almeno qualche cosa di molto analogo a queste. Le *terramare* sono depositi isolati di un terreno pressochè argilloso, abbondantemente seminato di ossami, di avanzi di industria, noti da lungo tempo nell'Emilia, alla base degli Apennini, perchè venivano scavati per la marnatura dei terreni. Gli ossami appartengono in genere a specie domestiche e sono in ogni guisa spezzati e tagliati. Le stoviglie sono fine, ben lavorate e richiamano assai davvicino i vasi d'epoca etrusca. Il ferro ci manca, ma il bronzo vi è disseminato copiosamente in oggetti di lavorio squisito. Quei depositi sono in più luoghi variamente palafittati, e possono benissimo rappresentare il riempimento di stagni, artificialmente o naturalmente prosciugati. In Italia adunque, come in Svizzera, si stabiliscono assai bene le due epoche successive della pietra e del bronzo. In nessuna delle palafitte d'Italia si scoprì il ferro finora. Ma non fu bisogno certamente di trovarlo nelle palafitte per stabilire che all'epoca del bronzo succedette un'epoca del ferro; l' intro-

duzione del ferro in Europa ci porta già entro i domînî della storia. Conchiudendo, le palafitte svizzere rappresentano, come dicemmo, un'epoca di progressiva civilizzazione europea, epoca durante la quale l'uomo occupò l'Europa in tutta la sua estensione, visse dovunque con una fauna, la quale non subì quasi alcun mutamento fino ad oggi, ed ebbe tali costumi che, per quanto differiscano nei diversi luoghi, collimano tutti nel dimostrare più o meno un identico graduale sviluppo industriale.

1428. Lo studio delle abitazioni lacustri principalmente, confortato da quello delle terramare, delle caverne, delle alluvioni, delle stazioni superficiali, ci conduce a dividerla in tre periodi: — *età della pietra, del bronzo, e del ferro* — precisamente come vi fummo condotti dallo studio dei Kjökkenmöddings e delle torbiere di Danimarca. Sempre e poi sempre però trattasi di una cronologia relativa, del prima e del poi, l'unica cronologia che possa finora con certo esito tentarsi dalla geologia. Infatti il signor Desor, del pari acuto che coscienzioso ne' suoi giudizî, dopo tante brillantissime scoperte, dopo tanti studî comparativi sulle antichità di tutta Europa, venendo a conchiudere, non trova di aggiungere una sillaba a quanto il signor Ferdinando Keller ebbe a ripetermi personalmente parecchi anni sono, appena dopo le primissime scoperte nelle palafitte svizzere. «In via cronologica, ci mi diceva, nulla si può dire oltre a questo, che ci fu un'età del bronzo, la quale precedette all'età del ferro, e che ci fu un'età della pietra che precedette all'età del bronzo.»

1429. Nessun tentativo di cronologia assoluta si fece dunque finora? Sì, e appunto in base a dati stratigrafici, in guisa che tali calcoli interessano in modo speciale la scienza di cui ci occupiamo. Nella *dinamica terrestre* abbiamo già avuto occasione di rimarcare come alcuni fenomeni tellurici possono servire da *cronometri geologici*. Anzi ogni fenomeno terrestre come si verifica nel tempo, così può servire di misura del tempo. Tutto sta che apprendiamo a leggere la scala di graduazione di questi cronometri, il che, a vero dire, riesce estremamente difficile.

Alcuni calcoli furono tentati circa l'età assoluta dei Kjökkenmöddings danesi, prendendo come cronometro geologico il sollevamento delle coste di Danimarca, quale verificossi in questi ultimi tempi. Quei mucchî di conchiglie mangerecce dovevano farsi in tutta prossimità del mare. Or ne distano delle miglia, segno evidente che il mare si è ritirato, cioè che la terra si è sollevata. In base a ciò che fu osservato in questi ultimi tempi, il valore di tale sollevamento si calcola da 5 a 7 centimetri per secolo. Prendendo la media di 6 centimetri, e calcolando sulla elevazione di 3^m, attestata da certi Kjökkenmöddings, la loro antichità rimonterebbe a circa 4970 anni. Non c'è nulla che ci faccia strabiliare.... Ma c'è cosa più sconosciuta alla scienza delle leggi del sollevamento?

1430. Fece gran chiasso il calcolo stabilito da Morlot sul cono della Tinière. Trattasi di un cono di dejezione presso Villeneuve, attraversato dalla strada ferrata, in guisa che ne fu messa a nudo una sezione verticale, ove a diversi intervalli si scoprirono, secondo Morlot, le vestigia dell'epoca romana, dell'età del bronzo e dell'età della pietra. Pigliando per base del calcolo il tanto che quel cono si accrebbe sopra i monumenti d'epoca storica, o quasi storica, credette Morlot di poter assegnare all'età del bronzo una antichità di 29 a 42 secoli, e di 47 a 70 all'età della pietra. Le primizie dell'età della pietra vanterebbero dunque da 4700 a 7000 anni di antichità. Ma faceva egli veramente d' uopo di cacciarsi sopra un cono di dejezione, sopra una formazione che è per l'indole e l'origine sua quanto v' ha di più irregolare, di più instabile, di meno calcolabile, per stabilire dei calcoli di tanta squisitezza? Ad ogni modo voi vedete che il risultato non è poi così favoloso, da non potersi conciliare con qualunque più ristretta cronologia.

1431. Il signor Troyon prese come cronometro geologico la deltazione nel lago di Neuchâtel. Una palafitta fu scoperta a Chamblon. Partendo da essa palafitta, v'ha una certa tratta di terreno prodotto di deltazione, e si trova quindi Iverdun, che nell'epoca romana sorgeva in riva al lago, mentre ora ne dista 830 metri. Gli 830 metri di interrimento posteriore all'epoca romana servono di unità di misura, a cui, riferito lo spazio interrito che separa Iverdun dalla palafitta, si ha per l'epoca del bronzo un' antichità di 3300 anni. Se la dinamica terrestre non ci avesse già fatto toccar con mano quanto il fenomeno della deltazione sia incerto e irregolare, le deduzioni di Troyon sarebbero già dimostrato insussistenti dal fatto che la palafitta trovasi in uno spazio torboso, il quale non è quindi in rapporto coi depositi prodotti successivamente per deltazione.

1432. Il cronometro geologico impiegato da Gillieron fu la torba. Essa tra i laghi di Bienne e di Neuchâtel si avanza da una stazione della pietra sino ad un monumento d'epoca storica, che, or son circa diecisette secoli trovavasi in riva al lago. La formazione torbosa, avanzatasi, ora ne lo separa un certo tratto, il quale, assunto come unità di misura, assegna alla palafitta della pietra una antichità di 7750 anni. Chi può aver confidenza in un cronometro che oscilla così irregolarmente, secondo il mutarsi delle stagioni, il variar dei climi? riflettasi poi quanto sulla formazione delle torbe deve influire quell'elemento sempre trascurato in questo e in simili calcoli: parlo della civilizzazione. Ora che non è permesso nè a un giunco, nè a una cannuccia, di marcire liberamente sul fondo dello stagno nativo, credete voi che le torbe possano crescere così rapido come quando anche i nostri stagni erano circondati da una vergine natura? Ripetete lo stesso riflesso per riguardo ai calcoli stabiliti da Boucher de Perths sulle torbe

della Somma in Piccardia, dove per giunta manca anche un termine stabile di confronto; sicchè si parte a calcolare dalla superficie della torbiera, che può essere oggi qual era venti secoli fa, o può rimanersi ancora per venti secoli quale è in oggi.

1433. Vorrei rimanermi a discutere un po' più adagio sul valore di tali calcoli e di altri basati sugli stessi principî, se a noi, che ci occupammo in modo così speciale dagli interrimenti, della formazione delle torbe, e di tanti altri fenomeni che furono o potrebbero essere assunti come cronometri geologici, risultassero meno evidenti le ragioni per cui dobbiamo procedere assai guardinghi nel conchiudere o nell'accettare le conclusioni altrui nelle questioni di cronologia assoluta, la quale finora è tutto un privilegio dell'archeologia o della storia. Accordando però anche il massimo ai calcoli finora stabiliti, dovrem sempre conchiudere che l'uomo è, sempre e poi sempre finora, la creatura novissima, sia in linea stratigrafica, sia in linea paleontologica. Stratigraficamente le umane reliquie si rinvengono in quelle formazioni che meritano nel modo più eminente l'epiteto di superficiali (fondi di laghi, alluvioni recenti, delta, ecc.). Paleontologicamente l'uomo ancor vivente si accompagna ad una flora o ad una fauna ancor vivente. Lo spegnimento del *Sus palustris* e del *Bos primigenius*, che tuttavia empiè di muggiti gli anfiteatri romanî; la migrazione di alcuno specie, il cambiamento delle essenze in Danimarca, la diminuita salsedine del Baltico, le oscillazioni dei continenti da noi già accennate a suo luogo, bastano appena a distinguere l'oggi dal dì più remoto dell'epoca antistorica, finora ricercata in seno ai più recenti depositi.

1434. Io credo che la via più breve, come è certamente la più sicura, per uscire dall'indeterminato circa la questione troppo interessante della antichità assoluta dell'uomo, sarà quella di tentare un tale coordinamento delle epoche preistoriche, poste in luce dalla geologia, colle storiche, che renda, almeno in via approssimativa, applicabili a quelle i criterî cronologici di queste. Io non credo nemmeno che sia assolutamente da disperarsi che le epoche preistoriche scompajano un giorno divenendo epoche storiche. Sono fonti della storia i monumenti, le tradizioni, le lingue. Perchè non potrebbe la storia profana, che si vuol tenere isolata e indipendente dalla storia sacra, rimontare com'essa alle prime origini dell'uomo?

1435. Un primo tentativo di tale coordinamento è quello fatto da Desor in base alle palafitte della Svizzera. Secondo il dottissimo autore l'epoca delle palafitte si lega immediatamente all'epoca romana, anzi al periodo degli Imperatori, sicchè ci troviamo d'un tratto nell'*èra volgare*. L'anello tra le epoche preistoriche e la storica già tanto avanzata è rappresentato dalla palafitta della Tène (§ 1419), i cui abitatori, secondo Desor, erano

quei Galli, più esattamente quegli Elvezî, contro i quali rivolse Cesare le aquile romane. Anzi cogli oggetti certamente più antichi di cui abbiamo fatto cenno, vi si scopersero mattoni romani, ed una monota in rame dell'imperatore Claudio (anno di Cristo 268). Lasciando di discutere sulle deduzioni del signor Desor, questo trovarci d' un salto balzati dal più fitto delle tenebre preistoriche nel più bel mezzodì della storia non è certo aver trovato un nesso tra i tempi preistorici e i tempi storici. Tutt'al più se ne potrebbe dedurre che il costume delle palafitte durò nell' Elvezia fino ai tempi dell'Impero: cosa troppo difficile ad ammettersi, mentre nè Cesare, nè Tacito, nè alcun altro storico, ch'io mi sappia, ne fanno parola. Io credo del resto che la questione del nesso tra le epoche preistoriche e la storica (non potendosi in Grecia, visto lo stato attuale della scienza) si debba studiare anzi tutto in Italia. Prescindendo dalla Grecia, è l'Italia quella fra le regioni d'Europa che vanta una storia più antica, quella pertanto che fa rinculare maggiormente i limiti dell' epoca preistorica, avvicinando alla storia l'uomo primitivo, e rendendo quindi più facile la scoperta del nesso che da noi si cerca.

1436. L'Esposizione preistorica che ebbe luogo a Bologna nel 1871, in occasione del V.° Congresso preistorico, produsse, oso dire, in tutti questa duplice impressione: 1.° che le prime reliquie dell'umana industria, riferibili all'età archeolitica, si legano per immediate transizioni a quelle dell' epoca storica, precisamente dell'epoca etrusca; 2.° che l'uomo primitivo (benchè non si possa ancora fissare in via assoluta l'epoca della sua comparsa) si trova assai ringiovanito in confronto dei calcoli che tendevano a dimostrarne la remotissima antichità. Gli studî intrapresi sui luoghi in Italia non fanno che ribadire una tale impressione.

Abbiamo già veduto come le osservazioni del professore Bellucci ebbero per effetto di dimostrare, entro un periodo relativamente assai breve, rappresentato da una serie di strati aventi complessivamente un minimo spessore, la successione di oggetti appartenenti alle antichissime epoche della pietra, fino a quelli che rappresentano l' industria romana. Aggiungo a quanto fu detto allora (§ 1424), che alcune selci dei dintorni di Perugia rispondono ai tipi francesi delle alluvioni della Somma, per cui anche l'epoca archeolitica vi è assai probabilmente rappresentata.[1] Anzi in una terza nota[2] il signor Bellucci, rendendo conto di altro infinito numero di oggetti di pietra, associati ad azze di selce simili a quelle

[1] Bellucci, *Avanzi dell'epoca preistorica nell'Umbria* (Atti Soc. Ital. Scien. nat., vol. XIV, pag. 93).
[2] *Id.*, pag. 129.

della Somma, osserva come quegli oggetti si rinvengano a fior di terra, con stoviglie di carattere etrusco e romano, con embrici romani, *aes rude* e romane monete. Alla stessa superficie poi, fino a 1^m di profondità si rinvennero ossa di elefanti, di orso delle caverne, e di cervo dalle corna gigantesche. Non si può pertanto stabilire una serie geologica ben definita; ma meglio per ciò appunto appare che le popolazioni delle diverse epoche, o storiche o preistoriche, si succedettero immediatamente in quella regione, e non si può ammettere, fra le più antiche e le più moderne, quella favolosa distanza che alcuni credettero dimostrare, e che a molti piace almeno imaginare.

1437. Nelle stesse condizioni a un dipresso, e quindi avviato verso le stesse conclusioni, trovasi il signor Scarabelli, in seguito a'suoi studi *Sulla caverna del re Tiberio*, descritta in una lettera che mi fece l'onore d'indirizzarmi per mezzo della stampa.[1] Questa caverna è profondamente scavata nella zona gessosa del miocene superiore del Monte Mauro, a 90^m superiormente alla riva destra del Senio nelle vicinanze di Rivola, tra Imola e Faenza. Un pozzo praticato nel terriccio che forma il pavimento della grotta trovò il fondo gessoso nativo a una profondità di 5^m circa. Quel terriccio figura come un deposito, o piuttosto come un accumulamento, superficiale como tutti i depositi dello stesso genere. Consta degli elementi rocciosi esistenti nella caverna, formanti un impasto con guano di pipistrello, ceneri e carboni, interrotto da straterelli composti puramente di ceneri e carboni. L'industria è progressiva dal fondo alla superficie. Dai cocci rozzi, malcotti, d'impasto eterogeneo, si passa alle stoviglie ben cotte e ben tornite, e da queste ai vasi eleganti, che si ritengono romani, e fino a quelli smaltati dalla vetratura che ricopre i vasi di majolica. Così dai cultri di selce, scarsi e come avventizi, si passa all'asse romano e alla statuetta in bronzo di un sacrificatore.

1438. Più fortunato nei tentativi di coordinamento fra i tempi preistorici e i tempi storici, fu certamente il prof. Michele Stefano De Rossi. Entro i dominî de' colli laziali, sotto due strati, il superiore di peperino, l'inferiore di sabbia vulcanica, rinvenne una necropoli e alcune abitazioni. La necropoli conteneva oggetti di bronzo, e nelle abitazioni, sepolte allo stesso livello, si trovano vasi di fattura etrusca. Ne verrebbe di conseguenza che l'epoca del bronzo corrisponda a un di presso al principio almeno dell'epoca etrusca. Nel peperino, superiormente a quelle abitazioni, trovansi infatti oggetti di ferro; anzi un braccialetto dello stesso metallo, con molti oggetti di bronzo, trovossi nei dintorni del lago Albano allo stesso livello

[1] *Atti Soc. Ital. Sc. nat.*, vol. XIV, 1872.

delle accennate abitazioni. Più ancora decisive sono le scoperte fatte nei depositi delle acque termali di Vicarello, presso il lago Sabatino, ove trovansi cronologicamente disposti, in serie discendente, oggetti che dall'epoca di Roma ci fanno rimontare fino all'epoca neolitica. In quei depositi incontrò difatti dall'alto al basso:

1.° Monete e vasi dell'epoca di Roma imperiale;

2.° Monete di Roma repubblicana;

3.° *Aes signatum*, moneta di primitivo conio;

4.° *Aes rude*, moneta senza conio;

5.° Breccc con selci lavorate.

Evidentemente dunque in quel deposito idro-termale succedonsi l'una all'altra immediatamente quelle epoche preistoriche che già risultarono stabilite dagli antichi monumenti di tutta Europa, nominatamente dalle palafitte lacustri e dai Kjökkenmöddings, continuandosi, innestandosi, per così dire, immediatamente colle epoche più luminose della storia. L'età neolitica è rappresentata dallo brecco con selci lavorato, senza mistura di metallo di sorta; a questa succede l'età del bronzo, rappresentata dall'*aes rude;* e questa età s'innesta nell'epoca etrusca, rappresentata dall'*aes signatum*, a cui tengono dietro immediatamente le monete della repubblica, poi quelle dell'impero romano. Anzi l'epoca del bronzo, rappresentata più propriamente dall'*aes rude*, si potrebbe prolungare, attraverso l'epoca etrusca, fino ai primordi dell'epoca romana, quando, come dice il De Rossi, il ferro era ancora assai scarso, sicchè i primi oggetti di ferro, e i vasi etruschi, segnerebbero un ultimo periodo dell'epoca del bronzo, un periodo di transizione, che si continua immediatamente col periodo storico della Roma primitiva. Le popolazioni dell'epoca del bronzo non sarebbero infino che gli abitatori dell'antico Lazio, fra i quali venne a piantarsi Roma. Quando si ammetta col De Rossi che le prime selci, come le ultime monete imperiali, non sono che pezzi votivi gettati nella sorgente, secondo il rito latino storicamente sancito; bisognerebbe conchiudere che, dall'epoca neolitica all'epoca dell'impero durarono gli stessi costumi, e così diventa ancora più improbabile la remotissima antichità che si volle assegnare alla seconda epoca della pietra. Resta però sempre esclusa da queste vedute l'epoca primitiva o archeolitica, non essendosi trovato alcun oggetto in rapporti geologici appena vicini coll'epoca neolitica che lo succedette. L'uomo neolitico avrebbe assistito al primo periodo eruttivo del vulcano laziale, mentre le primitive selci tagliate si scoprono in uno struto vulcanico del gran recinto laziale, il quale è indubbiamente più antico del recinto interno o dei vulcani laterali, da cui eruppero i travertini e i peperini, che seppellirono i monumenti del-

l'epoca del bronzo, e la cui attività durò fin nell' epoca storica, come avremo occasione di osservare più tardi.

1439. Se il tentativo di coordinamento fatto dal De Rossi si limita agli abitatori del Lazio, il prof. Conestabile sforzossi recentemente di abbracciare entro un ben più largo orizzonte l'Italia non solo, ma l'Europa e altro regioni dall'antico continente. La Memoria *Sulle antiche immigrazioni in Italia* letta al Congresso di Bologna del 1871, como è il più recente, così è il più serio (per non dire l'unico veramente serio) tentativo di coordinare agli storici i tempi preistorici, tenendo conto di tutti i dati geologici, archeologici e storici. Credo non vi sia nulla di meglio nel caso nostro che di offrire al lettore un sunto abbastanza largo di quella preziosa Memoria, che offre, per mio avviso, il punto più avanzato a cui arrivano finora gli studî preistorici.

La scienza etnologica, appoggiata ai dati archeologici, linguistici e storici, ricorda una razza ariana, che abitava le regioni bagnate dall'*Oxus*, cioè i paesi al di là della Scizia e del mar Caspio, a la Bactriana e la Sogdiana.[1] Da questo tronco primitivo si staccarono successivamente quattro rami, che giunsero per diverse vie in Europa. Il primo, quello dei Celti, si diresse, pel mar Nero e il Danubio, verso il centro d'Europa, e si disteso fin nella Gallia e nella Bretagna. Più tardi il secondo, quello dei Germani, si tenne più a nord, e giunse, pel Reno, al Baltico o di là in Scandinavia. Partirono in seguito i Lituani-Slavi, e vennero a installarsi in Russia, Lituania, Boemia, Illiria, Servia e Montenegro. Il quarto ramo, l'unico che c'interessa direttamente, è quello degli Ario-Pelasgi, i quali, pigliando le mosse dall'Asia centrale contemporaneamente ai Celti, vennero ad abitare la Grecia, o si spinsero fino in Italia. Questa prima immigrazione italiana ebbe luogo per via di terra. Gli Ario-Pelasgi passarono cioè dalla Grecia settentrionale nell'Illiria; guadagnarono le Alpi, scesero quindi per le gole alpine nell'Italia settentrionale e giunsero finalmente nelle regioni centrale e meridionale dell'Apennino. Questa prima immigrazione però non si compì d'un sol tratto, cioè colla discesa di una sola massa, venuta a cercaro in Italia una stabile sede. Diverse orde arrivarono successivamente fissandosi in luoghi diversi. Primi arrivati furono gli Aborigeni, il cui nome, d'accordo, dice il Conestabile,

---

[1] La regiona qui indicata risponde all'altipiano di Turan, attraversato dall'Oxo (*Amu-deria*) a mezzodì, e dall' Jassarte (*Syr-deria*) a settentrione, che, scendendo dalle fertili regioni della Bactriana e della Sogdiana, vanno a metter foce nell'Aral. La Bactriana e la Sogdiana, dice Smith (*Storia antica dell'Oriente*, traduzione CARRARA, Firenze, 1872), erano i posti avanzati della civiltà sotto i Persiani e i successori di Alessandro. Eranvi strade commerciali che menavano alla China.

colle località ove s'incontrano le loro tradizioni, significa *abitatori delle montagne*. Gli Aborigeni avrebbero preso possesso anzi tutto dei rilievi alpini e subalpini, cioè dell'Italia settentrionale, spingendosi in seguito, forse cacciati dai successivi invasori, verso le regioni più meridionali d'Italia, dove ne appajono anche attualmente le tracce. Vennero in seguito gli Umbri, che occuparono le coste orientali della penisola, cioè l'Umbria e l'Emilia, e i Latini, che invasero le coste occidentali, occupando il Lazio e forse anche la Campania. Coll'invasione degli Umbri e dei Latini ci troviamo a venti secoli circa avanti l'èra volgare.

Alla prima immigrazione degli Ario-Pelasgi, per via di terra, tenne dietro più tardi una seconda immigrazione per via di mare. Tre o quattro secoli più tardi in fatti, cioè 1700 o 1600 anni a. C., dalla Tessaglia, dall'Arcadia e dall'Epiro giunsero, per via di mare, in Italia i Greco-Pelasgi, e si stabilì l'Impero pelasgico a spese specialmente degli Umbri. I Pelasgi passano come gli antichi edificatori delle mura ciclopiche, e della loro più avanzata civilizzazione rimasero le tradizioni più solide. Gli antichi storici ce li dipingono principalmente come miracolosi maestri nell'arte di foggiare i metalli.

L'immigrazione dei Greco-Pelasgi è seguita due o tre secoli più tardi da una terza immigrazione ancora per via di mare. Circa 1400 anni a. C. vennero i Pelasgo-Tirreni ossia gli Etruschi, gli antichi Toscani, che furono per l'Italia una potenza eminentemente civilizzatrice. L'Impero etrusco si estese, mentre il pelasgico andava scomparendo. Non più tardi del secolo XII a. C., gli Etruschi, valicato l'Apennino, dilatarono i loro stabilimenti nei piani dell'Emilia e della Lombardia, stabilendo una confederazione etrusca sui versanti orientali della penisola, di cui Felsina (l'antica Bologna) era centro, e Atica e Spina i porti sull'Adriatico.

La cronologia delle antiche immigrazioni in Italia si riassumerebbe dunque così:

		Avanti Cristo
Partenza delle prime emigrazioni ariane dall'Asia	Anno	2400 a 3000
Stabilimento dei Latini nel Lazio	»	2000
Venuta per mare dei Greco-Pelasgi	»	1600 a 1700
Venuta degli Etruschi	»	1400
Gli Etruschi invadono l'Emilia e la Lombardia .	»	1200

Stabilita così nei termini più larghi la cronologia storica degli antichi abitatori d'Italia, vediamo, se è possibile, di stabilire, ugualmente nei termini più larghi, il sincronismo delle popolazioni che crebbero successivamente in Italia, secondo i monumenti geologici.

1440. Rimarchiamo bene dapprima il fatto delle due correnti di popoli che si avanzarono l'una dopo l'altra, in senso opposto, in Italia. La prima corrente scorre dall'interno del continente europeo verso le Alpi, o di là lungo i versanti orientali dell'Apennino e le rive dell'Adriatico, e scavalcato l'Apennino da oriente a occidente, si arresta ai confini del Tirreno, invadendo il Lazio e la Campania. La seconda parte dall'Arcipelago, e per la via del Tirreno giunge ai versanti occidentali dell'Apennino, scavalcandolo più tardi da occidente ad oriente, per riversarsi sui piani dell'Emilia e della Lombardia. I primi emigranti, cioè gli Aborigeni anzi tutto, poi gli Umbri e i Latini, dovettero attraversare le regioni subalpine, quindi i piani della Venezia e della Lombardia, per giungere nell'Emilia, dove ebbero stazioni su larga scala prima della venuta degli Etruschi. Le palafitte dei laghi di Varese, di Pusiano e degli altri bacini lacustri dell'alta Lombardia potrebbero benissimo riferirsi a quei primi immigranti, cioè agli Aborigeni, agli Umbri e ai Latini. Quei popoli delle primitive stazioni dovevano naturalmente progredire nella civiltà col progresso dei tempi, come avviene dovunque si formino delle società numerose. Che tali società numerose si formassero, lo attesta fino all'evidenza il gran numero di stazioni lacustri, disseminate in tutta la Lombardia sopra una gran zona, da ovest a est, dense specialmente alle estremità meridionali del lago Maggiore e del lago di Garda. Il progresso della civilizzazione è provato dal progressivo perfezionamento dei diversi rami d'industria. Le nostre collezioni mostrano, è vero, una grande uniformità nelle armi, negli attrezzi diversi o nelle stoviglie. Questa uniformità sarebbe, per mio avviso, un testimonio dell'unità d'origine di quelle diverse popolazioni e della loro lunga permanenza ne' luoghi da prima prescelti. Ma le stesse collezioni mostrano unito alle selci più rozze quelle di un lavorío veramente squisito; alle azze di pietra strette e quadrate altre si aggiungono a largo taglio, disegnato da curve simmetriche e sottili; colle stoviglie grosse, d'impasto eccessivamente grossolano e di forme sgraziate, si uniscono vasi sottili, di finissimo grès, di forme abbastanza eleganti. Non potendosi ammettere che sian tutti riferibili alla stessa epoca, frutti di un'industria sviluppata allo stesso grado, bisogna convenire che attestino invece un'industria progressiva, la quale per svilupparsi ha richiesto un tempo considerevole, probabilmente dei secoli. Non parlammo finora che di prodotti lapidei, poichè in fatti son essi quasi unicamente che, misti a ossami d'animali, intatti o lavorati, caratterizzano le nostre palafitte lacustri e i depositi delle caverne, che con esse facilmente si sincronizzano. Gli oggetti di bronzo che, in numero così scarso, si raccolsero nelle palafitte, in quello per es. del lago di Varese, indicherebbero un grado supremo di civilizzazione nei più tardi abitatori

di quelle primitive stazioni. Ma l'ulteriore progresso di quei popoli è poi attestato dal maggior numero e dalla maggiore perfezione degli oggetti in bronzo che si scoprono in altre stazioni, per es. in quelle delle torbiere della Brabbia. Una civilizzazione ancor più avanzata è quella delle *terramare* dell'Emilia, così ricche di bronzo e di vasi, che accennano a una civiltà che già confina colla civiltà etrusca. Anzi alcune di quelle terramare ritengonsi incontestabilmente etrusche, quella per es. di S. Polo nel Reggiano.

1441. Secondo queste prime vedute le palafitte lacustri e gli altri monumenti dell'età neolitica in Italia apparterrebbero alle prime immigrazioni per via di terra, cioè agli Aborigeni specialmente, che avrebbero pei primi preso possesso dell'Alta Lombardia, quindi agli Umbri e ai Latini, i quali però si sarebbero stabiliti più verso mezzodì, principalmente a ridosso della Penisola, sui versanti dell'Adriatico e del Tirreno. Quei primi venuti non conoscevano l'uso dei metalli. Scheggiando la selce fabbricavansi frecce o cultri; levigando il serpentino e altre pietre, fornivansi di azze e di martelli; tagliando gli ossi, si provvedevano di utensili; sminuzzando le pietre e impastandole coll'argilla, si apprestavano dei vasi cotti alla fiamma. Fin qui non esciamo dai limiti dell'epoca della pietra, che corrisponderebbe dunque all'epoca delle prime immigrazioni e del primo stabilimento delle tribù ario-pelasgiche.

1442. Se nessun dato storico ci fosse a cui riferirsi, si potrebbe procedere dello stesso passo, e ammettere che le popolazioni subalpine, per semplice legge di progresso, apprendessero l'uso dei metalli, cominciando da prima colla lavorazione di due metalli di facile fusione, dalla cui miscela sia nata facilmente la lega, così opportuna per la sua durezza, che si chiama bronzo, finchè più tardi vennero in grado di lavorare il ferro. La cosa, presa da questo punto di vista, presenterebbe però delle gravi difficoltà. Lo stagno, p. es., non si trova nelle Alpi, e si può dire assolutamente straniero all'Italia.[1] Gli antichi subalpini dunque dovevano trarre lo stagno o dalle regioni al di là delle Alpi, p. es. dalla Boemia o dalla Germania, o da quelle al di là del mare, cioè dalla Galizia o dall'Inghilterra, quando non fosse da regioni ancora più lontane. È assolutamente improbabile che lo traessero dai paesi a nord delle Alpi, mentre le palafitte svizzere indicano evidentemente che il bronzo comparve assai più tardi sui versanti settentrionali che sui meridionali della grande catena.

[1] La cassiterite, unico minerale di stagno conosciuto, non trovo che sia accennata in Italia altrove che nell'isola d'Elba, dove si rinviene accidentalmente in piccoli cristalli. (Bombicci, *Corso di mineralogia*, pag. 536.)

Se invece ci volgiamo verso mezzodì, si può dire che il bronzo va crescendo, sia per copia, come per squisitezza di lavoro, in ragione che ci allontaniamo dalle Alpi per avvicinarci al mare, e nominatamente alle sponde del Tirreno. Questo fatto dimostra già, credo, all'evidenza che il bronzo venne alle Alpi per la via di mare, pel commercio degli abitatori dell'alta Italia con quelli dell'Italia centrale. Ma gli abitatori dell'Italia centrale, dell' Emilia, dell' Umbria e del Lazio, derivati dalla stessa sorgente degli abitatori dell'alta Italia, andarono essi a cercare lo stagno al di là del mare, o l'ebbero per avventura dal commercio con popoli transmarittimi? Qui è dove rientra la storia per fornirci dati della maggiore probabilità, per ammettere, come un fatto stabilito, la provenienza del bronzo in Italia per via di mare, posteriormente allo stabilimento delle prime popolazioni immigrate, e a stabilire inoltre che il principio dell'epoca del bronzo coincide approssimativamente colla seconda immigrazione degli Ariani per via di mare.

1113. Secondo il Conestabile, gli Aborigeni, i Latini e gli Umbri conoscevano l'uso dei metalli; anzi non è nota storicamente in Italia una popolazione che non li conoscesse. Non vi sarebbe quindi nessuna Memoria storica riferibile all'epoca della pietra. Il dire che le primitive popolazioni italiche conoscevano l'uso dei metalli, non è lo stesso che il dire che conoscessero quest'uso fin dall'arrivo, e dal loro primo stabilirsi nella penisola, e molto meno che seco abbiano recato i metalli o l'industria metallurgica dal paese da cui primitivamente emigrarono. Ciò che attesta il Conestabile reggerebbe ugualmente, quando i metalli e l'industria metallurgica si fossero introdotti fra que' popoli primitivi posteriormente al loro arrivo, o quando eziandio si erano stabiliti da lungo tempo in Italia. Vi sono, per mio avviso, i migliori argomenti per pigliare la cosa per questo verso. Anzi tutto, quanti argomenti provano la provenienza del bronzo per la via di mare, provano anche che i primi venuti per via di terra nol possedevano, e dovevano in quella vece servirsi di pietra e d'osso. Le palafitte dimostrano più positivamente la stessa cosa. Quelle del lago di Varese appartengono indubbiamente, come abbiamo dimostrato, all'epoca della pietra: furono, cioè, costrutte ed abitate da una gente, la quale coll'identità dello strano costume accusa la sua derivazione da oltre Alpi, antecedentemente alla venuta dei Greco-Pelasgi, foggiatori di metalli. Quella gente apparteneva dunque ai primi immigratori, agli Ario-Pelasgi. I pochi oggetti di bronzo (non so se montano a una decina in tutto), scoperti in quelle palafitte, parmi che, in luogo di contraddire, consentano pienamente al mio modo di vedere. Quegli oggetti indicherebbero, voglio dire, che il bronzo venne introdotto fra i barbari abitatori delle regioni subalpine assai

tempo dopo che si erano stabiliti sui nostri laghi. Usi a servirsi di ossa e di rozza pietra, appena conobbero quella lega, che si prestava tanto bene agli usi, a cui gli ossi o la pietra erano disadatti, non avranno tardato a procurarsi i prodotti della nuova manifattura, con quella parsimonia naturalmente che era imposta dalla loro povertà. L'unico oggetto che trovossi commune a diverse palafitte è quello, secondo me, che doveva prima d'ogni altro stuzzicare la voglia di quella gente abitatrice di villaggi pensili sulle onde di quei laghi pescosi. Quest'oggetto è l'amo; uno stromento così sottile e così robusto a un tempo non poteva fabbricarsi altrimenti che di metallo. D'altro non vi troviamo che due frecce di bronzo e uno spillone, i quali non figurano altrimenti che come oggetti di lusso. In fine l'estrema rarità di quegli oggetti in bronzo, in mezzo a una miriade di selci o di ossi lavorati, non dice al certo che fossero essi gli abitatori delle palafitte, i possessori o i fabbri del prezioso metallo. Il metallo giunse a loro ben tardi, e da estranei paesi. Da quali paesi? Dai paesi di mare . . . l'abbiamo già detto. Fin qui ci arriviamo per via di legittime induzioni. Ma la storia tira innanzi a dirci come in un tempo assai posteriore alle prime immigrazioni per via di terra, cioè tre o quattro secoli più tardi, siano giunti per mare dalla Tessaglia, dall'Arcadia e dall'Epiro i Greco-Pelasgi, miracolosi maestri nel lavoro dei metalli, che si imposero ai primi immigrati, specialmente agli Umbri. Ecco senza sforzo veruno tracciata la via più sicura all'industria metallurgica in Italia. È, credo, assai probabile che il commercio del bronzo abbia preceduto l'invasione della razza ciclopica, precisamente come abbiam veduto in questi ultimi secoli, e vediamo attualmente il commercio europeo precedere, nelle isole dell'Oceano o nelle terre selvagge d'America, la venuta o lo stabilimento degl'invasori. Per ciò vediamo nell'Emilia e nel Lazio smarrirsi più presto le tracce dell'epoca neolitica, la quale vi si confonde coll'epoca del bronzo, mentre si mantiene ancora distinta nella Lombardia, e distintissima, come ripeteremo più tardi, nella Svizzera. Una volta divenuta famigliare la via di mare, la razza ciclopica dei Pelasgi, giunta dal mare e stabilitasi in Italia, tenendosi in commercio coi popoli della Grecia o dell'Asia, o con altri ancora più vicini, potè versare a larga mano il bronzo in Italia, o fornirne i discendenti dei primi immigratori per via di terra stabilitisi già da secoli nelle regioni subalpine. Con questo avrebbe avuto inizio la vera *epoca del bronzo*, il cui principio potrebbe farsi rimontare verso i 1600 o 1700 anni avanti l'êra volgare.

1444. Ho detto che le primitive popolazioni italiche, anche prima dello stabilimento dei Greco-Pelasgi, hanno potuto ricevere l'industria metallurgica, o i prodotti di essa, da popoli più vicini, che non fossero i Greci e gli Asiatici. Alludeva con questo principalmente ai Fenici, meglio alle colonie fenicie

che si stabilirono, come è noto, lungo il Mediterraneo, nominatamente nella Sicilia, nella Sardegna, nel regno di Tunisi e nella Spagna. I Fenici costituiscono anch'essi un ramo degli Ario-Pelasgi. Rimasti in Asia dopo le prime emigrazioni, possono benissimo aver avanzato di civiltà i barbari che li precedettero in Europa, tanto più, dice il Conestabile, che gli Ario-Pelasgi rimasti in Asia dovevano facilmente apprendere l'industria del bronzo dalle tribù che facevano coll'Egitto il commercio dello stagno, tirandolo dal Caucaso. Vi sono memorie storiche, secondo le quali i Fenici stessi andavano in cerca di stagno fin dall'epoca della dominazione dei re pastori in Egitto, cioè, dice il Conestabile,[1] fra il 21 ed il 17 secolo avanti C. Per quanto antica sia quest'epoca, è però sempre posteriore di più secoli a quella in cui avrebbe avuto luogo l'emigrazione degli Ario-Pelasgi. Gli stessi Fenici divennero i padroni del Mediterraneo, lasciando i più luminosi documenti della loro perizia nella navigazione e della loro abilità in ogni genere d'industria e di commercio. Uno dei rami di commercio più attivo era precisamente quello dello stagno, che andavano a cercare alle *Isole Cassiteridi*, per distribuirlo ai diversi popoli stabiliti sulle coste del Mediterraneo. I Fenici erano gl'Inglesi, e lo Cassiteridi[2] la California di quegli antichissimi tempi. I popoli giunti dalle Alpi al Tirreno dovettero, naturalmente, essere i primi del continente a mettersi in communicazione coi Fenici, quando non siano diventati essi medesimi navigatori o mercanti, o non abbiano ricevuto lo stagno direttamente dai Greci. A ogni modo deve ritenersi come dimostrato che lo stagno sia venuto dal Tirreno nel continente, e abbia quindi segnato, mettendosi in lega col rame, una corrente di civilizzazione in direzione contraria a quella segnata dall'industria delle primitive immigrazioni, cioè dalla pietra lavorata. Allora s'intende come potesse giungere più tardi nei paesi cisalpini più settentrionali, p. e. in Lombardia, e più tardi ancora nei paesi transalpini. Le facilitazioni del commercio e l'arrivo dei Greco-Pelasgi propagarono, con foga sempre crescente, la civiltà del bronzo nelle regioni subalpine, finchè gli Etruschi passarono l'Appennino, e vennero a trâpiantare la loro civiltà sulle rovine

[1] Il Petavio (*Rationarium temporum*), vecchio ma classico autore, non fa rimontare che al 1713 avanti l'éra cristiana il principio della dominazione dei re pastori.

[2] Disputano i geografi sulla posizione delle Cassiteridi. Alcuni le pongono sulle coste mediterranee della Spagna, nel Tarragonese, presso l'imboccatura dell'Ebro; altri sulle coste Atlantiche dalla stessa parte d'Europa, cioè sulle coste della Galizia, comprendendovi l'Isola Zigarga, presso il capo Orteguerra; altri finalmente vi riconoscono le Sorlinghe o Scilly, isole presso il capo Lanz End, estremità sud-est dell'Inghilterra, ossia della penisola di Cornovaglia. Siccome la Galizia, e più ancora la Cornovaglia, sono ricche di stagno, non resta logicamente che da scegliere fra queste due località; e chi sa forse che gli antichi mercanti di stagno, cioè i Fenici, non lo traessero da ambedue le regioni, poste l'una in faccia all'altra, nè separate che da un tratto di mare relativamente breve.

della primitiva barbarie. Così le necropoli etrusche delle brughiere di Somma e Gallarato vennero a soprapporsi quasi immediatamente alle palafitte dei diutorni di Varese, che respirano ancora la barbarie di un'epoca che precorre assai di lunga mano l'etrusca civiltà.

1445. In questo senso i monumenti preistorici della Lombardia descriverebbero assai bene il lungo periodo che corse dalla prima immigrazione degli Ario-Pelasgi alla invasione degli Etruschi. Le caverne di Levrange o d'Iseo corrispondono ai primi arrivati, ai barbari Aborigeni, Latini e Umbri, ignari dell'uso dei metalli, e ancor nomadi nelle regioni prealpine. Stabilendosi, fondarono le più antiche palafitte di Varese, di Pusiano, di Torbiato, del lago di Garda. I pochi oggetti di bronzo delle palafitte di Varese, e più ancora le torbiere della Brabbia, dicono un progresso che le primitive popolazioni lombarde ricevevano di rimbalzo dalle popolazioni commigranti che si erano avanzate al di là dell'Apennino, e poste in communicazione coi Fenicî o con altri navigatori provenienti dalla Grecia o dall'Asia. Le terramare dell'Emilia segnano l'ultimo periodo degli Umbri, a partire dall'invasione dei Greco-Pelasgi, fino al tempo in cui gli Etruschi si erano stabiliti in Italia. Alcune di esse terramare, decisamente etrusche, ci portano all'epoca in cui questi passano l'Apennino. Le necropoli di Somma attestano finalmente l'invasione etrusca nell'alta Italia. Sobbene sia ammesso che gli Etruschi conoscessero il ferro, non è men vero che i loro monumenti attestano, più che altro, il perfezionamento, lo sviluppo, la diffusione dell'arte bronzaria. Il ferro non vi figura che come un metallo affatto eccezionale. Bisogna dunque dire che gli Etruschi nol conobbero che in epoca assai tarda, che non seppero coltivare e svilupparo l'industria siderurgica, che il ferro figurò sempre presso di loro come un metallo d'uso eccezionale. Coi Romani soltanto, e tardi anche per essi, ebbe tale sviluppo l'industria siderurgica, che il ferro venne sostituito al bronzo nelle armature e nei communi attrezzi, riserbandosi il bronzo, se non agli oggetti assolutamente di lusso, a quelli almeno che esigevano un certo studio estetico. Non crederei ad ogni modo che l'epoca del ferro, per aver senso, non possa farsi rimontare oltre il 1000 a. C. Se regge quanto abbiamo esposto, l'epoca neolitica in Italia rimonterebbe a 2000 anni avanti l'êra cristiana; l'epoca del bronzo a 1600 o 1700; l'epoca del ferro a 1000. Coll'epoca etrusca solamente comincia, benchè affatto nubilosa, l'epoca che si può chiamar storica, o questa rimonta alcuni secoli al di là dell'epoca del ferro. Ammesso quanto sopra, possiamo anche tentare di stabilire un sincronismo, almeno approssimativo, delle epoche preistoriche dell'Italia col resto d'Europa.

1446. Le prime immigrazioni degli Ario-Pelasgi si spingono dalle rive

del mar Nero verso il mare del Nord e verso le Alpi. Stabilitisi assai presto nei paesi centrali e settentrionali d'Europa, sentono assai tardi l'influsso di quella civiltà, che prese le mosse dai mari del sud, coll'intermezzo della penisola italica. È questa opinione assai divulgata fra' dotti, che la via battuta dalla vera civiltà parte dall'Asia, giunge per la Grecia in Italia, e dall'Italia attraversa le Alpi per diramarsi nel nord dell'Europa. Questa civiltà, contrassegnata principalmente dalla comparsa del bronzo, arriva in Svizzera più tardi che in Lombardia.[1] Così si spiega la lunga durata della schietta epoca neolitica, indicata dalle palafitte principalmente nei laghi più settentrionali della Svizzera. Più tardi ancora arriva in Danimarca, dove i Kjökkenmöddings, col loro enorme sviluppo, attestano la lunghissima durata dell'epoca caratterizzata dall'uso della pietra e dall'assoluta esclusione d'ogni metallo.[2]

---

[1] Desor (*Les palafittes*, etc. Paris, 1865) ritiene come incontestabile la derivazione del bronzo per via di mare, mediante il commercio coi Fenici mantenuto dalle popolazioni italiche. Al congresso di Bologna poi espresse l'opinione che i paesi al nord d'Italia hanno ricevuto dalla penisola, se non propriamente gli oggetti in bronzo, le forme e i tipi per fabbricarli (*Congrès international*, etc. Bologna, 1873, pag. 199).

[2] Il signor Desor crede tuttavia anteriori i *kjökkenmöddings* alle palafitte dell'epoca della pietra. Si appoggia a due fatti: 1.° che i Danesi non possedevano altro animale domestico che il cane; 2.° che le loro azze erano ancora tagliate a colpo, non conoscevano cioè la pietra levigata. — Gli argomenti non possono al certo vantare gran forza. Se i Danesi non conoscevano la pietra levigata, vantano per compenso tali armi di selce, che formano la meraviglia dei musei per la loro bellezza veramente portentosa, quando si consideri appunto che erano ottenute a semplice percossa. La marcatissima differenza di costumi tra gli Svizzeri delle palafitte e i Danesi dei *kjökkenmöddings* risponde più che sufficientemente alla prima difficoltà. Un popolo, non dirò agricolo nel senso stretto, ma che coltivava l'agricoltura, come lo attestano i tessuti di lino, i magazzeni d'orzo, di frumento, di frutti, doveva far suo pro del bue, della vacca, del cavallo (quest'ultimo vi è però scarsamente rappresentato), mentre il cane poteva bastare ai popoli pescatori e cacciatori della Danimarca. Nota assai bene il signor Ferdinando De Lanoye ne' suoi *Voyages dans les glaces du pôle arctique*, che gl'Iperborei dell'Europa e dell'Asia hanno saputo da tempo immemorabile addomesticare il renna come bestia da soma, da tiro e da latte. Gl'Iperborei dell'America, invece, e gli Esquimesi, che, secondo ogni probabilità, ne derivano, si conservarono nello stato selvaggio affatto, considerando ancora il renna semplicemente come selvaggina, nè seppero addomesticare che il cane. Il parallelo che si può stabilire fra gl'Iperborei dell'Europa e dell'Asia cogli Svizzeri primitivi, e fra gl'Iperborei americani e gli Esquimesi coi primitivi Danesi regge alla lettera. Gli antichi Svizzeri e gli antichi Danesi, come i moderni Iperborei, sono popolazioni d'origine asiatica. Ad onta di ciò noi troviamo animali addomesticati come bestie da tiro e da latte presso gli antichi Svizzeri e i moderni Iperborei dell'Europa e dell'Asia, mentre gli antichi Danesi e i moderni Iperborei dell'America non conoscono che il cane. Per gl'Iperborei moderni la cosa si spiega assai bene, quando si osserva che quelli dell'Europa e dell'Asia discenderebbero da quei Samojedi, che furono anticamente cacciati dall'Impero celeste verso i paesi del nord, dove hanno conservato le abitudini della vita pastorizia. Gli Esquimesi invece apparterrebbero alla razza dei Samojedi e dei Siberiani che abitavano le rive del Pacifico. Per spiegare la differenza dei costumi degli antichi Svizzeri, in confronto degli antichi Danesi, basta l'ammettere nell'eguale maniera che siano provenuti originariamente da rami asiatici diversi, aventi diversi costumi.

Mi par questa a un dipresso l'opinione manifestatami dal signor Worsaac al Congresso di Bologna, mentre questo illustre scienziato mi faceva intendere come le date delle diverse civiltà siano assai più recenti in Danimarca che nelle regioni più meridionali d'Europa, e ciò fino alla civiltà del cristianesimo, che venne in Danimarca introdotto parecchi secoli dopo la sua introduzione in Italia. [1]

1447. Constatato che l'impulso delle civiltà d'Europa, posteriormente alle primitive immigrazioni, venne dall'oriente e dal mezzodì, lasciando agli archeologi la storia particolareggiata di queste diverse civiltà, si può stabilire che tutte le popolazioni d'Europa, attestate da documenti posteriori all'epoca archeolitica, tutte si svilupparono sotto le loro diverse forme parallelamente alle civiltà italiane, in quel lungo lasso di tempo che corre fra le prime immigrazioni ario-pelasgiche e l'epoca romana, la prima, direbbesi, che nella sua forma assuma un carattere di universalità o di contemporaneità nelle diverse regioni dell'Europa. Il cominciamento di questo lunghissimo periodo, che sarebbe anche il principio dell'epoca neolitica, si può far ascendere su per giù a 20 secoli prima dell'êra cristiana. Non si potrebbero a ogni modo oltrepassare i 24 secoli, poichè è già concedere assai il far ascendere a quest'epoca la partenza dei primi emigrati dall'Asia.

1448. Ferme le basi storiche, o almeno semistoriche, della cronologia delle popolazioni preistoriche dell'Europa, non è più fuori di luogo un tentativo di allargare l'orizzonte, sincronizzando gli antichi abitatori dell'Europa cogli abitatori di altri paesi, sicchè si possa in fine fare un passo di più verso la soluzione del gran problema dell'antichità assoluta dell'uomo.

1449. Un fatto importantissimo risulta dalle riferite indagini, ed è questo che l'Asia fu la culla dell'industria metallurgica, la terra dei fabbri, il centro delle officine, mentre in Europa i metalli non furono introdotti che colle non primitive immigrazioni. L'Asia è anche quella regione la cui storia è per ogni verso più antica, assai più antica, di quella d'Europa. Si consideri pure come un semplice documento storico quella meravigliosa raccolta di libri storici, sapienziali e politici, scritti in diversi tempi, da diversi autori, riboccanti di sapienza e di poetiche bellezze, che a vicenda si completano e si controllano, conservati gelosamente e tras-

[1] L'opinione di Worsaae espressa al congresso di Bologna è che l'industria del bronzo, dopo aver penetrato l'Asia Minore e la Grecia si è avanzata a poco a poco verso il nord e l'ovest d'Europa, ricevendo a ciascuna tappa l'influenza speciale di ciascun popolo (*Congres internat.*, pag. 199).

messi di generazione in generazione dal popolo eminentemente storico, dall'unico popolo che abbia veramente una storia primitiva, cioè dagli Ebrei; e si dovrà convenire che quella raccolta costituisce pur sempre il documento più importante, più ricco di dati per la storia degli antichi popoli dell'Asia. Ai libri degli Ebrei si aggiungono gli scritti degli antichi, che raccolsero le antiche tradizioni, e a questi le iscrizioni, a cui sono confidate immediatamente le memorie degli antichi abitatori dell'Asia e dell'Egitto. La Bibbia adunque, considerata anche soltanto come opera umana, poi gli scritti degli antichi autori, e le iscrizioni degli antichi popoli ci serviranno indubbiamente di guida per rimontare colla storia delle popolazioni dell'Asia occidentale fino a quelle età che noi chiamiamo ancora preistoriche, ad onta delle nozioni storiche, archeologiche, linguistiche ed etnografiche, colle quali ci lusinghiamo di avere scoperto il nesso storico delle popolazioni d'Europa fin verso 20 secoli prima dell'êra cristiana,[1] ma che nol sono certamente per l'Asia occidentale e per l'Egitto. In fatti, se si parla di 2000 a 2300 anni avanti l'êra cristiana, possiamo dire di trovarci, relativamente a certi popoli dell'Asia occidentale e dell'Egitto, nella piena luce della storia, tanto più se ci accontentiamo, come nel nostro caso, di stabilire dei rapporti cronologici anche soltanto approssimativi.

1450. Volendo ora adunque tentare di stabilire i rapporti tra le epoche preistoriche d'Europa e le storiche dell'Asia, da cui derivarono le popolazioni neolitiche, partiamo dal fatto che i primi popoli immigrati dall'Asia in Europa, secondo la storia, cioè gli Ario-Pelasgi, ora identificati coi popoli neolitici, o non conobbero, o non conservarono l'uso dei metalli. Nel primo caso, che è il più probabile, dovremmo dunque rimontare a un'epoca in cui i popoli asiatici, da cui si diramarono gl'immigranti, non conoscevano neppur essi l'uso dei metalli; dovremmo scoprire, cioè, un'*epoca della pietra in Asia*. Parla di quest'epoca la Storia sacra che rimonta fino alla prima origine dell'uomo? Non è qui il luogo di discutere sul modo d'interpretare quell'unico testo, in cui si fa cenno dei metalli, nominatamente di bronzo e di ferro, in un'epoca certamente molto anteriore a quella delle accennate emigrazioni.[2] Gli Ermeneutici non si occuparono, ch'io sappia, seriamente di spiegarlo, e io penso che sia questo uno dei moltissimi casi in cui gli espositori devono attendere dalle scienze

[1] Gli Etruschi, dice il Conestabile, sono il punto di partenza del periodo storico.
[2] Si allude a Tubalcain, chiamato dalla Genesi (IV, 22) *malleator et faber in cuncta opera aeris et ferri.*

umune l'interpretazione del vero senso della Bibbia.[1] Dico così perchè mi pare che quanto si scrisse finora, sia per accusare come per giustificare quel testo in faccia alla paleo-etnografia, si riduce a puerilità, o a cose che ci lasciano ancora nel mistero. Ammesso del resto che la cognizione dei metalli, nominatamente del ferro, rimonti forse a sei secoli prima del diluvio, chi vorrà pretendere di stabilire dei rapporti appena plausibili fra la civiltà d'un popolo che visse un migliaio d'anni prima, e quella di un altro che visse un migliaio d'anni dopo, in regioni affatto diverse? Dopo tanti secoli d'incivilimento, con tanti mezzi di rapida propagazione della moderna civiltà, non conosciamo attualmente dei popoli immersi nella più fitta barbarie? Non vediamo la civiltà europea, esaltata da una straordinaria potenza di mezzi e da un'energia affatto nuova in America, crescere a fianco della barbarie stagnante, anzi immensamente retrograda dei *pelle-rossi?*

Lasciato adunque interamente da parte quel testo, noi troviamo che dalla Bibbia stessa evidentemente risulta che ci fu infatti un'*epoca della pietra*, precisamente in Asia, assai tempo dopo il diluvio; un'epoca in cui, se non era interamente sconosciuto l'uso dei metalli, e nominatamente del ferro, la pietra costituiva la materia più commune, riservata precisamente a quegli usi, a cui attualmente il ferro e anticamente il bronzo troviamo destinati.

1451. Quest'epoca della pietra verificasi per gli Ebrei precisamente all'epoca della loro cattività nell'Egitto, e dura fin verso l'epoca del loro ingresso nella terra di Canaan. Quando Mosè è in via per l'Egitto, incaricato dell'alta missione di liberare il popolo, vediamo Sefora sua moglie, che, pressata a circoncidere il suo bambino, fa uso per questo di una affilatissima pietra.[2] Quarant'anni dopo l'uscita dall'Egitto, quando gli Ebrei erano già entrati nella Cananea, Giosuè riceve l'ordine di circoncidere il popolo. L'ordine è concepito in questo senso: *Fábbricati*

---

[1] I nomi *aes* in latino e χαλκός in greco furono adoperati promiscuamente per indicare tanto il rame, quanto la lega del rame collo stagno, cioè il bronzo. Furono poi adoperati in genere per indicare armi, monete, metalli. Pei latini e per noi, la parola ferro si adopera come sinonimo di arma in genere. Non tocca a chi è digiuno di lingue orientali discutere se la parola ebreo che si traduce ferro, impiegata dallo scrittore della Genesi, forse 14 secoli dopo il fatto di Tubalcain, a cui allude, e in un tempo in cui il ferro era certamente già noto agli Ebrei, non potesse avere altro senso oltre a quello di indicare il metallo che noi chiamiamo propriamente *ferro*. I conoscitori della lingua ebraica potrebbero però occuparsi di questa questione. È noto del resto quanto gli interpreti durino fatica ad identificare i prodotti dei tre regni, metalli, pietre, piante e animali, citati dalla Bibbia, con quelli che noi conosciamo attualmente.

[2] *Esodo*, IV, 25.

coltelli di pietra, e *circoncidi.* [1] Sarebbe un' inconcepibile stranezza che si facesse o si ordinasse di far uso di strumenti di pietra per un'operazione delicatissima, quando l'uso di tali istromenti non fosse così commune, che i fabbricatori non ci avessero acquistato una singolare perizia, e quando fossero già introdotti gli stromenti di metallo. Questi testi proverebbero dunque da prima che l' uso della pietra come stromento da taglio era commune, e assai probabilmente esclusivo, presso gli Ebrei all'epoca della loro uscita dall' Egitto, cioè fino all'anno 1531 a. C., secondo il computo commune.

1452. Da altri testi però risulta indubbiamente come i metalli, e nominatamente il ferro, non erano affatto ignoti agli Ebrei giunti nella terra di Canaan. Ma quei testi provano al tempo stesso due fatti importantissimi: 1.° che i metalli, e nominatamente il ferro, erano ritenuti come materie preziosissime, conseguentemente assai rari; 2.° che l'uso dei metalli e i metalli stessi ricevettero gli Ebrei dai popoli coi quali vennero in contatto dopo la loro uscita dall' Egitto, e anzi tutto dai Cananei.

1453. Per dimostrare che i metalli erano considerati come materie preziosissime, anche posteriormente all' ingresso degli Ebrei nella terra di Canaan, basta leggere quel passo in cui Giosuè, licenziando la mezza tribù di Manasse, che aveva ultimato il servizio di guerra, la felicitò perchè tornasse alle sue possessioni carica di ricchezze, coll'*argento,* l'*oro,* il *bronzo,* il *ferro,* tolti naturalmente ai nemici. [2] Quando lo stesso Giosuè impartisce gli ordini per l'assalto di Gerico, comanda che qualunque cosa vi fosse d'oro o d'argento fra le spoglie dei nemici, o i vasi di rame e di ferro, si consacrassero al Signore, ponendoli fra i tesori destinati al culto. [3] Era colla speranza di impossessarsi di quei tesori, che Mosè già prima eccitava gli Ebrei a mantenersi fedeli a Dio quando fossero entrati nella terra promessa, dove, diceva egli, sono *ferro le pietre, e dai monti si scavano i metalli che compongono il bronzo.* [4]

1454. I passi citati provano già l'altro fatto, che gli Ebrei ebbero i metalli, e l'arte di usarne, dai Cananei per conquista nei tempi di guerra, e a prezzo negli intervalli di pace. Ma ve n' hanno altri decisivi in proposito, dimostrando che gli Ebrei non conobbero i metalli se non quando colle prime guerre si misero in contatto con quei popoli di costumi corrotti, ma d'una civiltà assai più avanzata in confronto di quella degli

[1] *Giosuè,* IV, 2.
[2] *Ivi,* XXII, 8.
[3] *Ivi,* VI, 19.
[4] *Deuteronomio,* VIII, 9.

invasori. In Rabbath, città degli Ammoniti, poterono vedere il letto di ferro di nove cubiti di lunghezza del gigante re Og;[1] lo sterminio dei Madianiti li fornì d'oro, di argento, di rame, di ferro, di piombo, di stagno.[2] Merita poi singolare attenzione un passo del 1.° libro dei Re, il quale ci dice chiaramente che gli Ebrei non conoscevano la lavorazione dei metalli (almeno di quelli impiegati nella fabbricazione delle armi e degli attrezzi rurali) fino al tempo di Saule, undici secoli circa avanti Cristo, e quattro secoli dopo l'uscita dall'Egitto; ed erano da questo lato affatto dipendenti dagli stranieri, e precisamente dai Filistei loro naturali nemici. È questo il motivo per cui gli Ebrei si trovarono impreparati e inermi all'epoca della minacciosa invasione dei Filistei sul principio del regno di Saule. Infatti, dice il *Libro dei Re*, « non trovavasi in tutto il paese d'Israele un fabbro ferrajo; perocchè i Filistei avevano usato questa cautela, affinchè non potessero gli Ebrei fabbricarsi nè una spada, nè una lancia. Tutto Israele pertanto andava dai Filistei a far aguzzare i vomeri e la vanga, e la scure e la zappa. Ma i vomeri erano spuntati, e lo erano le vanghe, i tridenti e le scuri, fino a non avere di che aguzzare una punta. Venuto il giorno del combattimento non trovossi nessuno che fosse provvisto di spada o di lancia fra i soldati di Saule e di Gionata, ad eccezione dello stesso Saule e di Gionata suo figlio. »[3]

1455. Facciamo alcuni riflessi su quanto fu esposto fino ad ora. Anzi tutto, se in epoca relativamente tanto recente troviamo una popolazione che fa uso quasi esclusivo di stromenti di pietra o d'altre materie non metalliche, e non possiede di metalli se non quel tanto che acquista dai popoli naturalmente nemici con cui viene a contatto, non c'è più nulla da meravigliarsi che durasse ancora in Europa, e si prolungasse anche di molti secoli l'epoca della pietra, anche ammesso che 29 secoli circa avanti l'èra volgare abbia esistito un Tubalcain, inventore dell'industria metallurgica in un punto qualunque dell'Asia. Bisogna quindi, per essere di buona fede, liberare interamente la Bibbia da qualunque accusa si potesse muoverlo contro, in base ai confronti che altri voglia stabilire fra i suoi testi e i monumenti preistorici o dell'Italia o dell'intera Europa.

Provato in secondo luogo anche solamente questo, che in un tempo molto

---

[1] *Deuteronomio*, III, 11.

[2] *Numeri*, XXXI, 22.

[3] *Libro I dei Re*, XIII, 19-22. — Questo passo proverebbe anche come l'arte siderurgica fosse esercitata da' Filistei, che si vogliono di razza egiziana, e abitavano le coste della Palestina, piuttosto che dai Cananei che si erano stabiliti nell'interno della Palestina, ed anche nella Fenicia, prima che i Fenici della storia, di razza semitica, vi si trapiantassero (Vedi Smith, *Storia antica dell'Oriente*, pag. 6).

posterioro certamente alle prime immigrazioni storiche in Europa (l'uscita dall' Egitto rimonta, secondo il computo commune, al 1531 a. C.) l'uso della pietra era in pieno vigore nell'Asia, e che i motalli non vi figuravano che come materie di lusso; riesce molto probabile, anzi naturalissimo, che i più antichi immigranti in Europa non conoscessero i metalli, o che, se anche li conoscevano, non avessero pensato a provvedersene nelle loro peregrinazioni lontane dal paese natio. Supponiamo che avvenga anche oggi l'emigrazione di una popolazione inglese, francese, tedesca, nelle regioni selvagge dell'Oceano, o anche solo di Americani verso i centri selvaggi dell'America. Penserebbe essa a portarsi seco il magnesio o il platino? Si dirà che vi porterebbero sicuramente il ferro, come materia di prima necessità, o si affretterebbero a cercarlo. Lo credo, oggi che il ferro è veramente materia di prima necessità; ma non l'era in allora, se le materie più communi, la pietra e l'osso, rispondevano egregiamente alle prime necessità di allora, e se il metallo era cosa tanto di lusso che non si pensasse a provvedersene, o non convenisse adoperarlo, per una operazione così delicata come la circoncisione.

Rifletteremo in terzo luogo che, se l'industria metallurgica era abbastanza fiorente in Palestina, e in generale, come meglio vedremo, sulle coste dell'Asia occidentale, all'epoca della sortita dall' Egitto (1500 a 1600 anni a. C.) doveva esservi ignota 400 anni prima, quando da quelle stesse regioni migrarono gli Ebrei per stabilirsi in Egitto.

Ne viene di conseguenza, come quarto riflesso, che le popolazioni emigranti dalle coste dell' Asia per l' Europa 19 o 20 secoli a. C., o tanto più quelle che possono aver emigrato due o tre secoli prima, non presentano alcun titolo perchè si possa sospettare che conoscessero il bronzo o il ferro, e molto meno che fossero periti nella lavorazione di questi metalli.

1456. L' ultimo riflesso, ossia l' ultimo corollario, è questo che, considerando l'epoca neolitica dell' Italia e dell' Europa in quei rapporti colle prime emigrazioni asiatiche, di cui si ha storicamente qualche sentore, e giudicando delle condizioni delle popolazioni, le quali abitavano l'Asia occidentale dalla storia degli Ebrei, essa epoca neolitica non si può far rimontare, come si è detto, al di là dei 1600 ai 1700 anni a. C., cioè a uno o due secoli prima dell' uscita degli Ebrei dall' Egitto. Dal 1600 in quà verrebbe l'epoca del bronzo.

1457. Infatti (seguendo la stessa traccia e dimenticando per ora che il ferro già col bronzo, e forse più del bronzo, caratterizza l' industria affatto speciale di un popolo stabilito nell'Asia occidentale, l' industria cioè de' Filistei) la storia del popolo ebreo ci conduce assai naturalmente da un' *epoca della pietra* a un'*epoca del bronzo*. Ormai siamo intesi che la

distinzione delle epoche, finchè avrà per base le forme industriali, non può intendersi fissa ugualmente per le diverse regioni e pei diversi popoli, e nemmeno largamente applicabile ai diversi popoli che abitarono diversi paesi. Siamo anche intesi che, non l'esclusività di una data forma industriale, ma la prevalenza di essa può prendersi come caratteristica di un'epoca, mentre abbiamo già veduto un'epoca della pietra potersi stabilire senza escludere assolutamente i metalli, come abbiam visto e vedremo ancor meglio stabilirsi un'epoca del bronzo, senza escludere il ferro, destinato, per ragione di prevalenza, a caratterizzare un'epoca più tarda. In questo senso dissi che la storia del popolo ebreo, che abbiam preso come punto di partenza e come unità di misura della storia antichissima, ci conduce a fissare il cominciamento dell'epoca del bronzo verso il 1700 o il 1600 a. C. Infatti gli Ebrei, usciti dall'Egitto, muniti di coltelli e d'armi di pietra,[1] si incontrano con popolazioni, fra lo quali l'industria metallurgica è già molto avanzata, usando esse ugualmente argento, oro, piombo, stagno, rame, bronzo, ferro. Assai più tardi però, cioè ai tempi di Saule, troviamo il popolo ebreo in gran deficienza di oggetti metallici. Poco tempo dopo tuttavia, cioè verso il 1040 a. C., noi assistiamo a una specie di irruzione dell'industria metallurgica nella Giudea, e questa ci si presenta specialmente sotto la forma di una irruzione dell'arte bronzaria. Davide, inteso a erigere un gran tempio, prepara *moltissimo ferro per fare i chiodi delle porte, e per commettere insieme e legare le pietre e i legnami, e quantità immensa di bronzo*,[2] e si compiace non poco di aver potuto *nella sua povertà preparare bronzo e ferro in tanta quantità, che sorpassa ogni calcolo.*[3] Il tempio sorge più tardi sotto Salomone (1012 a. C.), e fra le meraviglie descritte con tanto amore nel libro de' Paralipomeni siamo colpiti specialmente dagli squisiti e colossali lavori di bronzo fuso, destinati a decorazione dello stupendo edificio. Prima però del tempo di Salomone, cioè verso il 1200 a. C., troviamo l'arte della fonderia in bronzo perfezionatissima

---

[1] La storia del duello fra Davide e il gigante Golia, in un tempo in cui le armi e le armature metalliche erano conosciutissime fra gli Ebrei, ci porta a riflettere sovra un'arma che si può dire veramente arma di pietra, la quale era tuttavia maneggiata da quel popolo con tanta destrezza, che si spiegano benissimo senz'altro le vittoriose battaglie che gli Ebrei poterono dare alle popolazioni cananee, anche prima che possedessero armi metalliche, cui dovettero dagli stessi nemici acquistare o conquistare. Quest'arma, la più rozza, la più primitiva che si possa concepire, è la fionda. Il giovinetto Davide, coperto di una celata di rame, e cinta la spada di Saule, si trova stranamente impacciato, sicchè, buttati da parte quegli arnesi, non fa che raccogliere dal torrente cinque limpidissime pietre, e col primo colpo di fionda colpisce netto nella testa il Filisteo: — *Libro I dei Re*, XVII, 38-49.

[2] *Libro I de' Paralipomeni*, XXII, 3.

[3] *Ivi*, XXII, 14.

in Grecia, se può prendersi sostanzialmente come storica la famosa descrizione dello scudo di Achille. Ma quest'arte aveva la sua sede presso i Fenicî, i quali, come oggi gli Inglesi, versavano i prodotti della loro industria in tutte le regioni del mondo conosciuto. Questo fatto interessantissimo nella questione che stiamo trattando, attestato da tanti documenti della storia profana, è confermato nel modo più sicuro dalla storia sacra. Essa infatti ci narra come gli Ebrei, stabilitisi definitivamente nella Palestina, debellati interamente i nemici, forti di tante vittorie e di tante conquiste, inciviliti dalla sapienza dei loro re, videro finalmente i popoli vicini ambire la loro amicizia. Quale è la nazione che si strinse cogli Ebrei nei più intimi rapporti? Precisamente la nazione fenicia. Salomone ricorre a Hiram, re di Tiro, che gli fornisce il legname del Libano, ed è precisamente da Tiro che lo stesso Salomone fa venire un altro Hiram, artefice, il Cellini dei Fenicî, che in modelli d'argilla fonde in bronzo colonne di 18 cubiti, capitelli di 5 cubiti che imitavano i gigli, e un *mare di bronzo* di 10 cubiti, portato da 12 buoi di bronzo, e un altare di bronzo lungo e largo 20 cubiti.[1]

1458. Eccoci dunque, quasi senza volerlo, rimessi sul campo che avevamo abbandonato, per rintracciare in Asia le origini dei preistorici d'Europa. Eccoci di nuovo a quei Fenicî, che, artefici e somministratori del bronzo ai popoli confinanti dell'Asia, lo erano in pari tempo all'Italia e a tutti i paesi sulle coste del Mediterraneo. Questo, ciò, impensato ritorno ci obbliga a gettar di nuovo uno sguardo su quanto abbiamo esposto, quando cercammo unicamente nelle antiche memorie d'Italia e d'Europa il nesso storico fra la classica antichità e l'uomo preistorico della geologia. I Fenicî son quelli, i quali, come servirono di nesso dinamico fra gli Asiatici e gli antichi Europei, così adempirono lo stesso ufficio coi popoli finitimi dell'Asia, per ciò che riguarda la *civiltà del bronzo*. Ammettendo, come i monumenti storici sacri o profani ci forzano ad ammettere, che i Fenicî siano stati, fra gli abitatori dell'Asia occidentale, i più grandi incettatori, commercianti o artefici del bronzo, e quelli che più diffusero il commercio e l'arte bronzaria nelle regioni circummediteranee dell'Asia, dell'Affrica e dell'Europa; ammettendo, che, mediante la navigazione dei Fenicî, l'industria metallurgica s'introdusse forse prima in Italia che in alcuni paesi dell'Asia; ammettendo finalmente, che la dominazione fenicia rimonti almeno a 1700 anni a. C. (§ 1444), ne verrebbe di conseguenza che l'epoca del bronzo, rappresentata specialmente dall'industria fenicia, praticata dai Fenicî o appresa dai diversi popoli, abbraccia il periodo fra il 1700 e il 1000 a. C., e comprende tutti i principali documenti che attestano in ge-

[1] *Libro III dei Re*, IV.

nere, dopo un'*epoca della pietra* in Asia e in Europa, la nascita, lo sviluppo, il perfezionamento dell'arte metallurgica antica; i documenti, cioè, che riguardano l'arte metallurgica de' Fenici anzi tutto, de' Cananei, degli Ebrei, degli Egizi, dei Greci, dei Greco-Pelasgi e degli Etruschi, tanto secondo la cronologia commune, quanto secondo lo cronologie in genere più lunghe stabilite da alcuni moderni. Per conseguenza, concesse agli altri, e domandate per me tutte le larghezze che si esigono in calcoli puramente approssimativi, stabilirei finalmente, nei termini più larghi, la serie delle epoche e la loro durata rispettiva come segue, partendo dall'êra cristiana e rimontando allo più antiche migrazioni storicamente note.

Durata		Minima	Massima
dell'epoca	del ferro . . .	da 0 a 1000	da 0 a 1400 a. C.
»	del bronzo. .	da 1000 a 1600	da 1000 a 1700 »
»	della pietra . .	da 1600 a 2000	da 1600 a 3000 »

1459. Questa serie può valere per l'Italia e le regioni littorali del Mediterraneo. Mano mano però che ci avanziamo verso il centro e verso il nord d'Europa saranno sempre più alterate le cifre della durata di ciascuna epoca, nel senso che più tardi finirà l'epoca della pietra, e più tardi cominceranno le epoche del bronzo e del ferro, non rimontando quella del bronzo probabilmente che verso l'epoca della dominazione etrusca nell'Italia subalpina, quella del ferro soltanto verso gli ultimi tempi della Roma pagana.

1460. Siamo giunti fino a dare all'epoca del ferro un limite relativamente recentissimo, dimenticando troppo presto che l'industria siderurgica era già fiorente presso i Cananei fino dall'epoca dell'immigrazione degli Ebrei. Ma ripeto in proposito quanto ho già stabilito in via di massima: 1.° essere impossibile, anzi assurdo, stabilire una cronologia relativa universale sui prodotti dell'arte, dell'industria, del pensiero; 2.° che in ogni caso, volendosi pure distinguere le epoche in base ai diversi elementi o ai diversi prodotti dell'industria o delle arti, si abbia di mira il deciso sviluppo, o meglio la prevalenza di quell'industria o di quell'arte, piuttosto che la semplice esistenza di oggetti a loro riferibili. È indubitato che se l'industria litica, l'industria eraria o l'industria siderurgica non nacquero insieme, si precedettero o si susseguirono a vicenda a breve distanza. È indubitato, cioè, che la pietra, il bronzo e il ferro si trovarono contemporaneamente fra le mani degli Ebrei appena usciti dall'Egitto. È indubitato che i Cananei all'epoca stessa erano esperti nell'arte siderurgica. In questo senso cade assolutamente la distinzione delle tre epoche. Se prescindiamo però dalle specialità che ci offrono la storia o i monumenti dei singoli popoli e delle singole età,

gli scritti e i monumenti sacri del pari che gli scritti e i monumenti profani, la Bibbia ed Erodoto, le necropoli egizie e le etrusche, i monumenti fenicî, greci, romani, e le palafitte e i Kjökkenmöddings, le alluvioni e le caverne, tutti ei dicono che vi fu un tempo in cui la pietra serviva principalmente e communemente per la fabbricazione delle armi da punta o da taglio; poi un altro tempo, durante il quale il bronzo si sostituisce, per lo stesso scopo, alla pietra; poi un terzo tempo in cui, sempre allo stesso scopo, si sostituisce il ferro. Ecco secondo me il vero modo d'intendere la distinzione delle tre epoche che corsero fra l'epoca archeolitica e l'epoca assolutamente storica per noi. La pietra, il bronzo e il ferro, noti agli antichi abitatori dell'Asia occidentale, ma divenuti elementi prevalenti dell'umana industria nell' antico continente in tre epoche successive, segnano la marcia di tre civiltà successive e progressive. La prima (civiltà della pietra) per via di terra, muove dall'Asia e, per l'est d'Europa, giunge in Italia; la seconda (civiltà del bronzo) muove ugualmente dall'Asia, o per via di mare dalla Grecia passa all'Italia, e dall'Italia al nord d'Europa; la terza (civiltà del ferro) muove dall' Italia, come da centro d'irradiazione, colla dominazione romana, e invade il mondo noto agli antichi. È così che l'Italia sembra fosse destinata ad essere il punto di riverbero per tutti i principi di attività fisica, intellettuale e morale, provenienti dall'Asia occidentale, dalla più remota antichità fino ai tempi più moderni. È così che da questo centro, dilatato coll'addizione dell'intera Europa, pervenuta allo stesso livello di coltura, continua ad irradiarsi in tutte le regioni del globo la moderna civiltà.

1461. Con questi nuovi elementi ci sia permesso un ritorno sulla questione dell'antichità dell'uomo. Per quanto progrediti sieno in questi ultimi tempi gli studî storici, archeologici o linguistici, l'epoca archeolitica è là in fondo, senza alcun nesso nemmeno tentato colla storia, isolata nel suo mistero. Trattandosi di oggetti così primitivi, la somiglianza, che alcuni prodotti dell' industria archeolitica possono presentare con altri dell'epoca neolitica, non servirebbe a stabilire rapporti appena plausibili fra i due popoli o le due razze che vennero a stanziare successivamente in Europa, mentre si può ritenere che il bisogno e l'istinto avrebbero suggerito a ciascun popolo la forma di quegli oggetti, senza bisogno di supporre una dipendenza da altro popolo o contemporaneo o precedente. I bellissimi crani però, appartenenti al miglior tipo prevalente anche in oggi in Europa, rendono legittimo il supposto che gli archeolitici d'Europa derivino dalla stessa sorgente, e siansi dipartiti dai luoghi stessi, donde partirono successivamente gli immigranti ricordati dalla storia. Gli archeolitici dunque rappresenterebbero un ramo precoce, spiccatosi più presto dal tronco asiatico, un ramo

che non ha nome nella storia, l'unico veramente proistorico, ma che deriva con tutta probabilità dal tronco stesso da cui vennero i popoli d'Europa dei quali si conosce l'antichissima storia. In fine tratterebbesi ancora di una diramazione della grande *razza caucasica*, più propriamente della *razza giapetica*. E questo tronco, che in qualche modo pur si connette cogli archeolitici d'Europa, e che li avrebbe preceduti nell'Asia, a quale epoca rimonterebbe? Bisogna proprio supporre un'antichità favolosa per questi predecessori dei primitivi abitatori d'Europa, forse dei contemporanei del mammouth e del rinoceronte lanuto? Trattasi veramente di un popolo che sfugge ai limiti della cronologia commune? di un popolo che si ribella a quell'angustia di tempo che la Bibbia prescrive all'umanità? Io nol credo; anzi assolutamente lo nego. La cronologia commune, partendo dal diluvio (2329 a. C.), o da quel breve periodo dopo di esso, a cui si riporterebbe la dispersione dei figli di Noè, cioè la storica emigrazione delle razze da un centro commune sito nell'Asia occidentale, la cronologia commune, dico, conta ancora circa 1700 anni per giungere alla creazione dell'uomo. Partendo anche dai 30 secoli, come dal termine più aotico che si possa assegnare alle prime emigrazioni ariane secondo il Conestabile, ci restano ancora 10 secoli per arrivare all'origine dell'umanità, secondo la Bibbia. Potevano bastare questi 10 secoli per dare tempo al primitivo sviluppo di una popolazione asiatica ad una prima emigrazione di essa e allo stabilimento di una popolazione primitiva da essa derivata in tutta l'Europa? Lo potevano certamente. I depositi archeolitici, confrontati coi depositi neolitici, la cui durata si può con qualche approssimazione misurare storicamente, sono tali per mio avviso da non esigere più di qualche secolo per formarsi. Trattasi in fine di depositi, i quali non vantano che un piede o poco più di spessore. Alludo alle stazioni della Francia occidentale, le quali non presentano altro che degli antichi Kjökkenmöddings, assai poco sviluppati in confronto di quelli dell'epoca neolitica. Se parliamo delle alluvioni, gli avanzi di quell'epoca appartengono alle superficiali. Abbiam veduto del resto come i monumenti archeolitici si trovino così facilmente a contatto o anche misti ai neolitici, che non si può credere che, fra i primi e i secondi, corra tale intervallo di tempo da suggerire all'immaginazione un'antichità che spinga le origini dell'uomo oltre i limiti della cronologia commune. Se poi non bastassero nè 10, nè 17 secoli, è permesso anche ai credenti di aggiungervi altri 15 secoli, stante la celebre versione dei LXX, che i moderni ermeneutici inclinano a preferire, sotto questo rapporto, alla Volgata. Ad ogni modo nessuno, che sia ragionevole, ci giudicherà troppo pregiudicati, se, in mezzo a tante tenebre e a tanti disaccordi fra gli scienziati, noi pre-

feriamo alle opinioni arrischiate, che hanno per base l'interpretazione di qualche oscuro monumento, quelle che si appoggiano a tanti scritti, a tanti monumenti, che persuasero i nostri predecessori e persuadono anche i nostri contemporanei, che si intendevano e si intendono di storia e di archeologia almeno quanto altri s'intende.

1462. Quanto si è ragionato in questo capitolo non si estende oltre i limiti dell'Europa e dell'Asia occidentale. Delle antichità dell'India o della China ragionano gli archeologi assai; ma nulla finòra che permetta al geologo di domandar la parola. Quanto all'America, la sua storia è troppo recente. Là tocca all'archeologia a fare le parti, appena si rimonti oltre un'epoca che per noi può dirsi jeri. La geologia si trova per conseguenza chiamata assai prima a fungere le veci dell'archeologia e della storia. Le difficoltà devono essere, fuor di ogni proporzione, maggiori. Come le palafitte e le antiche necropoli della pietra o del bronzo in Europa, e come le piramidi dell'Egitto o della Nubia, stanno nelle regioni e nelle circostanze del Mississipi certi monumenti, costrutti in terra od in pietra, di una fisonomia tutto particolare, i quali ci portano ad un'epoca di primitiva civiltà che non è quella certamente delle popolazioni indigene scopertevi dagli Europei. Sulle sponde del Mississipi e de' suoi confluenti, e i piani che circondano il golfo del Messico, essi sono sparsi in un numero immenso. Negli stati del Michigan, Jowa, Missouri figurano quei bizzarri edifizî quasi altrettanti rilievi giganteschi di uomini e di animali. Nell'Ohio invece hanno forma di enormi piramidi, tronche ed a gradinate. I più grandiosi sorgono in vicinanza del golfo del Messico. La maggior parte di quei tumuli attinge l'altezza di 2 a 10 metri, levandosi sopra una base del diametro di 12 a 30 metri: ma ve n'ha di veramente colossali. La piramide di Cohokia (Illinois) vanta un'altezza di 27 a 36 metri, ed una circonferenza di 600 metri. La sua massa è calcolata di 20 milioni di piedi cubici. Quei monumenti non sorgono già isolati, ma trovansi d'ordinario distribuiti in gruppi, chiusi entro un recinto, o talora circondati da un fossato. Nello stato dell'Ohio contansi almeno 10,000 tumuli e 1,500 recinti, di cui alcuni percorrono un giro di due miglia. Lo studio di quei monumenti ha messo in chiaro come non fossero altro, per così chiamarli, che sacre cittadelle, erette per culto e per difesa ad un tempo. Si distinguono benissimo, per le forme e per gli oggetti che vi si rinvengono, i templi e gli altari. Le ossa umane vi abbondano, con armi ed altri oggetti, alcuni d'osso o di metallo, ma per la maggior parte di pietra. I metalli sono il rame o l'argento, non fusi, ma battuti. Bellissime sono le terre cotte, e le armi di pietra non si distinguerebbero da quelle che si rinvengono in Asia e in Europa. Nessuna

specie spenta di animali vi si accenna, e l'unico teschio umano, abbastanza ben conservato, perchè se ne potesse far oggetto di uno studio comparativo, trovossi appartenere al tipo peruviano.

1463. A qual'epoca rimontano quei primi testimonî di una civiltà americana? Ragionando sul confronto di quella civiltà con quella che appare dagli analoghi monumenti d'Asia e d'Europa, e quando fosse, entro i limiti delle scienze umane, dimostrato che gli abitatori del nuovo mondo migrarono dall'antico, quei monumenti dovrebbero ritenersi d'epoca relativamente assai recente. Apparterrebbero, voglio dire, all'epoca neolitica, e piuttosto al fine che al principio di essa. Ma in difetto di alcun nesso storico, non ci restano che dati geologici per ragionare in proposito con argomenti alquanto possibili. Un fatto importantissimo sotto questo rapporto si è che quei tumuli sono costrutti sopra quei terrazzi da noi già descritti (§ 1275), come quelli che costituiscono uno dei tratti più caratteristici dell'orografia e della geologia americana. Vi ha in proposito una circostanza singolarissima che concorre ad avvalorare l'idea di una considerevole antichità di quei monumenti. Mentre i descritti monumenti sono sparsi indifferentemente sui diversi terrazzi, o sono messi tra loro in corrispondenza per mezzo di scalee, in guisa che si direbbe che gli antichi Americani scendessero di terrazzo in terrazzo fino al fiume; non un solo di essi si osserva sull'ultimo terrazzo, cioè sul più recente, che fiancheggia immediatamente il fiume. Che conchiudere da ciò? Non altro se non che quei tumuli sono anteriori alla formazione dell'ultimo terrazzo. Ma abbiam visto che anche in Europa l'uomo ha assistito alla formazione degli ultimi terrazzi. Qui tuttavia funziona un cronometro geologico, di cui si può tentare di leggere la graduazione. Quei tumuli sono attualmente coperti da vergini foreste, e sulla sezione di certi alberi si contano i 500, i 600 anni. Si rifletta ora come quei tumuli rappresentano già per sè certamente un lasso di tempo assai lungo. Dopo che furono abbandonati dagli antichi costruttori doveva correre certamente lunga stagione perchè il suolo fosse preparato ad essere la sede di una vergine foresta, ove si radicarono quegli alberi che ora vantano i cinque e i sei secoli. Diamo a quella primitiva civiltà americana cinque secoli, diamone altri cinque all'inselvatichimento di quella regione, duplichiamo, triplichiamo anche questi termini, se piace, e non arriveremo a 1700 anni avanti l'èra volgare.

1464. In tempi poco da noi discosti menò gran rumore la scoperta dell'uomo fossile alla Guadalupa. Trattavasi di scheletri umani impigliati in un calcare incrostante, ancora in attualità di formazione. Ma che hanno essi di più strano delle medaglie scoperte a Fútburg, a dieci piedi sotto il letto del fiume, ove facevano parto di un conglomerato ferrugginoso? Quelle medaglie erano dell'epoca di Edoardo I.

CAPITOLO XXXIII.

QUADRO RIASSUNTIVO DELLE ÊRE NEOZOICA E ANTROPOZOICA.

1465. Sulla fine dell'êra cenozoica trovammo l'edificio del mondo attuale quasi assolutamente compito. Tale ne era infatti l' ossatura. I continenti sorgevano dai mari, segnandone già approssimativamente gli attuali confini: ma le montagne, onde erano irti, levavansi quasi ignudi scheletri di enormi giganti; ignude o quasi ignude erano le minori pendici; ignude le valli. I grandi rilievi terrestri finivano quasi tronchi dal mare alla base, senza quella cintura di morbide colline, di uguali pianure, dal cui mezzo ora si elevano coi selvosi fianchi, fin là ove spiccano nell'azzurro del cielo le cime ignude, tinte dei colori dell' aria. Le basi dei continenti erano digitate dalle infinite penisole rocciose, divise l' una dall'altra da bracci di mare, che si insinuavano nelle regioni più interne, occupando il luogo dei nostri laghi, delle nostre valli, spumeggiando fino al piede delle Alpi, ove ora cominciano i fiumi le loro volubili spire. Sui nostri delta, sulle nostre feraci pianure, sui luoghi stessi ove sorgono in oggi le più ubertose colline, che stanno d'avamposto a tutte le regioni alpine del globo, biancheggiavano ancora le spume del libero mare. L'êra neozoica è chiamata a dar l'ultimo finimento al grande edificio, che l'uomo verrà ad abitare più tardi.

1466. Un agente, forse nuovo per la natura, certamente ancora inesperto della sua potenza, è chiamato a dar l'ultima mano al lavoro dei secoli. Già le vette più eccelse biancheggiano; biancheggiano i poli. L' inusata canizie si dilata; scende dalle cime più elevate alle minori pendici; si avanza dai poli verso le regioni dei tropici. Il sole al termine del suo cammino lascia ogni anno uno strato di neve cui non valse a struggere la sua vampa; le nevi si accumulano strato sopra strato, o, impossenti a reggersi sui pendii erti e dirupati, scoscendono; il tuono delle valanghe desta gli echi nell'imo delle valli silenziose; gl'immensi circhi, circondati da rupi inaccesse, che nereggiano dagli strappi del candido virgineo ammanto, a poco a poco si colmano; non presentano ormai che immensi piani di neve.

Ecco dal lembo delle nevi perpetue, sciorinato sulle montagne a modo di bianchissima tela, spiccarsi i ghiacciai, bianchi dapprima, come torrenti di candido alabastro, quindi cerulei, trasparenti, quasi fiumi di zaffiro. Immobili in apparenza, essi si avanzano a guisa di esercito, lento nelle sue mosse, ma irresistibile ne' suoi impeti. Quasi rettili enormi, strisciando sul loro ventre si avanzano verso i colli più aprici, verso i tepidi lidi. Sotto l'incubo di quei corpi animati scompajono le valli, tacciono i torrenti, si celano *fiords*. Il silenzio non è rotto che dal fischio della marmotta, dallo scoppio repentino del ghiaccio, dallo scroscio delle lavine, dal cupo rombo delle rupi, che staccandosi dai vertici scheggiati, gettando salti vertiginosi, di rupe in rupe sobbalzati, percuotono il fondo della valle, e giaciono inerti sul dorso del sottoposto ghiacciajo, circondati da cumuli di rovine. E il ghiacciajo tutto si reca sulle sue spalle nel suo faticoso cammino. Sotto l'immane pondo semovente si ottundono le rupi; le aguglie pungenti si cambiano in morbidi colli. Lo sfasciume delle montagne, sepolto entro le viscere del ghiacciajo, si ottunde pur esso, si spezza, si tritura, o il ghiacciajo cammina, cammina, seco traendo la rovina dei monti. Ha già colme le valli più basse, colmi i seni dei *fiords*. Le rupi, sorvolando gli abissi, si arrampicano sui dirupi delle opposte montagne. Riunito in cumuli lineari enormi, che chiameransi morene, miste al minore detrito, si insinuano nei seni più riposti delle valli laterali, si stringono adosso alle montagne emergenti a modo di isole da quel mare di ghiaccio. Finalmente il ghiacciajo si arresta; ma dalla sua bocca smisurata sgorga gonfia e fangosa la fiumana, che, seco traendo il fango elaborato da quella macchina immensa, getta le fondamenta dei delta e delle pianure, che, nascendo più tardi dalle onde del mare, si dilatano ogni giorno più, arricchite sempre di nuove spoglie che il ghiacciajo non cessa per secoli e secoli di recar loro in tributo dalle montagne. Nelle regioni più nordiche però le nevi si distendono a guisa di mantello che dalle cime più elevate discende fino al mare. I ghiacciai si spingono fuori dei limiti delle terre e invadono il regno delle acque, fondendosi colla ghiaccia che il mare incrosta ben al di quà del cerchio polare. Gli scogli sporgenti dal fondo del mare sono, come le rupi che fiancheggiano le valli alpine, ottusi, lisciati, striati, arrotondati. Le Isole britanniche, la Scandinavia, le regioni temperate dell'America settentrionale si presentano come or la Groenlandia e lo Spitzberg.

Ecco lo spettacolo di cui divenne teatro universale la terra nell'epoca neozoica. I ghiacci terrestri, i ghiacci marini, tutti si avanzarono ben oltre i loro attuali confini, ricoprendo tutte quelle regioni alla base dei grandi rilievi, ora seminate di colli, i quali nella loro struttura caotica, nella natura dei sciolti elementi di cui sono composti, nella loro forma, nella loro

disposizione, in tutto finalmente, recano la più sicura testimonianza della loro strana origine.

1467. L'immaginazione si arretra quasi spaventata, parendole che la terra altro più non presenti che una gran scena di silenzio e di morte. Ma che? Sono regioni di morte le nostre incantevoli vallate delle Alpi, l' Engadina, la valle di Chamouny, benchè svolgentisi ai piedi dei ghiacciai, e in parte da essi coperte? . . . No: l'epoca glaciale non è epoca di morte. Nei laghi azzurri, che coprono il fondo delle valli minori, allora sbarrate dal ghiaccio, si riflettono le foreste lussureggianti di aceri, di noci, di pini, di, bossi, di magnolie, di olmi, di tassi, di abeti, di castani, di querce, di betule, di nocciuoli, onde le valli stesse ridono sotto a un cielo azzurro come deliziosi giardini. In seno alle onde increspate dai tepidi zeffiri guizzano i pesci rivestiti d' una maglia d' argento, e sul fondo melmoso, sparso di lacustri conchiglie, si avanza a lenti passi la tartaruga. Dalle selve commosse ecco sbucare l' elefante dalle enormi zanne, o il rinoceronte; ecco fra le radure delle stesse foreste passar furtivo il cervo e il selvatico bue, la cui progenie è destinata a rigare di sangue l'arena degli anfiteatri di Roma; ecco sulle rive del torrente sorgere una città di castori, patria forse dei futuri abitatori dell' alto Danubio e del Canadà. Nelle montagne, in parte ignude, in parte rivestite di boschi più folti di quelli che in oggi ne ombreggiano i fianchi, echeggiano gli urli dello tigri e degli orsi usciti a tormo dalla nativa caverna, e più ancora selvaggi i rantoli delle jene che seminano sui loro passi la strage, gettando lo spavento nelle mandre di caprioli, di cervi, di stambecchi, che scorazzano da ogni parte, sorvolando gli abissi. Sui piani nascenti tra i ghiacciai e il mare pascolano ancora più numerosi i cervi, i buoi, gli elefanti, i rinoceronti, gli ippopotami che ora si disotterrano così numerosi dalle antiche alluvioni d'Italia, dal *loes* di Germania, dal *drift* d' Inghilterra. Soltanto le più selvaggie regioni dell'Africa e dell'America, ancora coperte di vergini foreste, ancora percorse da liberi fiumi, ancora tempestate di solitarî laghi, possono darci un'idea di quella moltitudine di animali erbivori o carnivori d'ogni specie, di cui formicolavano i monti, le valli, le pianure sui fianchi stessi degl' immani ghiacciai, o nella zona delle pianure nascenti tra le montagne e il mare. Di quella fauna stupenda abbiamo un saggio nei resti conservati entro i fanghi del bacino di Leffe, lago ondeggiante allora quasi in seno ad uno dei più grandi ghiacciai che si avanzasse dai recessi delle Alpi fino ai limiti della lombarda pianura. Un saggio più meraviglioso ancora l'abbiamo in quell' immenso ossario di macachi, di tigri, di cani, di orsi, di faino, di jene, di cavalli, di ippopotami, di elefanti, di rinoceronti, di porci, di buoi, di cervi, di tapiri, di antilopi, in cui vedia-

mo ora converso il lago glaciale del Val d'Arno in seno all'Apennino. Tutte le regioni del globo erano così abitate; tutti i riempimenti delle caverne del globo, tutte le alluvioni, che si andarono formando durante l'invasione dei ghiacci, non sono che vasti ossari. Il mare anch'esso si ritira dalle falde dell'Apennino, e sui fondi sabbiosi che si vanno elevando, gli elefanti e i rinoceronti occupano il luogo dei delfini e delle balene. L'epoca glaciale è anch'essa un'epoca di vita.

1468. Quanto tempo rimasero i ghiacciai fuori degli attuali recessi? Se guardiamo al lavoro da essi compìto durante la loro invasione, l'epoca glaciale misurò certamente decine, forse centinaja di secoli. Pur venne il tempo che richiamolli in seno alle più alte montagne, dove li troviamo ancora intenti allo stesso lavoro, benchè assai ristretti nella loro sfera d'azione. Quale spettacolo presentò allora la terra! Il mare si era ristretto in sè stesso; una vasta cintura di floride pianure si frapponeva fra esso e le regioni dei monti; a piè di questi erano sorte ridenti colline, formanti quasi una catena di fioriti giardini attorno attorno alle grandi masse continentali. Son essi che ora appajono ammantati di vigneti, di oliveti, di castagneti, e sparsi di casolari, di villaggi e ville. I *fiords*, intercettati da cumuli morenici, si erano convertiti in laghi azzurri, incorniciati anch'essi da ubertose colline, addossate ai fianchi delle montagne, e internantisi lungo le vallate, fin là dove si ritrassero i ghiacciai. Le libere valli sono percorse ciascuna da un fiume, che in sè raccoglie i mille torrenti, che, spiccandosi dalle vette ancora nevose, scendono spumeggianti lungo i versanti ricoperti di pascoli e di foreste. Le rupi, irte e selvagge dapprima, si mostrano ora liscie, morbide, tondeggianti. I ruderi staccati dai monti nevosi, che fanno diadema al lontano orizzonte, giaciono rudi e pungenti in grembo alle erbe dei piani, ai fiori dei colli, o pendono minacciosi e barcollanti sull'abisso, documenti irrefragabili dell'invasione di un elemento che parve dovesse seminare la morte sulla superficie del globo, o non fece che dilatare e rendere più fecondi i campi della vita, destinati fra breve a divenire teatro dell'intelligenza.

1469. Quale fu la causa di tanto sviluppo di un agente forse nuovo per la terra? I geologi tendono in genere a trovarla in un abbassamento straordinario della temperatura, di cui è poi difficile rendersi ragione. Le foreste che cingono fitte e lussureggianti gli stessi ghiacciai, prestando materia agli abbondanti depositi lignitici di Leffe e di Utznach; gli elefanti e i rinoceronti, i quali coi cervi e coi buoi vengono ad abbeverarsi ai laghi glaciali; la straordinaria ricchezza della fauna e della flora glaciale al monte e al piano, in tutte le regioni d'Europa, in tutte le regioni del globo; tutti questi fatti, dico, e cento altri che si potrebbero individuare, non ci permet-

tono di credere ad un clima glaciale nel senso immediato della parola. Confesso anzi che, quanto più medito sui fatti di cui si va ogni giorno più arricchendo la geologia dei terreni quaternarî, tanto meno riesco a far tacere il sospetto che il clima glaciale, il quale tenne dietro al pliocenico, sia stato ancora, come il clima di tutte le epoche precedenti, più mite dell'attuale. Non si gridi all'assurdo, ma si rifletta che i fattori de' ghiacciai sono due: il freddo e l'umidità. Un ghiacciajo che riceva ogni anno una data quota di nevi si svilupperà tanto più, quanto più fredda corra la stagione. Ma è anche vero che, rimanendo fissa la temperatura annuale, e fors'anche facendosi di qualche grado più mite, il ghiacciajo si svilupperà tanto più, quanto maggiore è la massa dei vapori che si condensano e delle nevi che cadono in conseguenza. Una serie di anni piovosi sarebbe quanto v'ha di meglio per promuovere l'avanzamento dei ghiacciai; ma sarebbe anche quanto v'ha di meglio per procurarci una serie di inverni più miti.[1]

1470. Il fenomeno geologico, a cui molti geologi si accordano di attribuire, come a causa prima, lo sviluppo degli antichi ghiacciai, consente pienamente alle idee che qui appena si accennano. Sappiamo infatti che Escher dapprima, e molti altri dappoi, attribuirono l'avanzamento dei ghiacci alpini alla sommersione del Sahara, e la loro ritirata, alla emersione e al conseguente prosciugamento di quello sterminato deserto. L'allagamento del Sahara, secondo le idee di Escher, rendeva umidi e piovosi quei venti caldi che i meteorologisti si ostinano a derivare dall'Africa, e che gli alpigiani chiamano *mangiatori di neve*. Quale enorme tributo di vapori al grande condensatore, sottratto poi quando il Sahara, divenuto infocato deserto, non seppe inviare alle Alpi altro che torrenti d'aria infocata e sitibonda. Nelle mie *Note ad un Corso di geologia*, combattendo i particolari di questa teorica, o meglio certe fallaci apprezziazioni di fatti ora più noti della scienza, ne abbracciai, anzi ne allargai il concetto fondamentale, allargandone in pari tempo l'applicazione. Il Sahara non solo, ma una estensione di terre ancora più vasta era sommersa nell'epoca glaciale. Un gran mare interno esisteva ancora in quell'epoca, di cui non è che un residuo il Mediterraneo co' suoi dipendenti. Il Mediterraneo dell'epoca glaciale comprendeva quasi tutta l'Africa settentrionale, parte delle coste d'Europa, le sponde del Mar Nero e del mare di

[1] Ciò non contraddice immediatamente a quanto s'è detto circa l'emigrazione delle conchiglie marine artiche e subartiche verso regioni più meridionali (§ 1175). I ghiacci polari e i ghiacci galleggianti più dilatati verso l'equatore dovean produrre immediatamente un raffreddamento delle acque, specialmente sui littorali, senza bisogno che la temperatura esterna del globo subisse un qualunque notevole cambiamento.

Azof, e tutta l'immensa depressione Aralo-Caspiana. La teoria della circolazione atmosferica, dichiarando erronei i rapporti che si ammettono ancora da taluni tra il Sahara e le Alpi,[1] non nega, anzi dimostra, che un'enorme quantità di vapori veniva versata da quella interna caldaja nel gran circolo delle correnti atmosferiche. Era infine una quantità enorme di vapori che l'atmosfera riceveva allora di più di quella che riceve attualmente. Cresciuta la somma dei vapori atmosferici, doveva crescere naturalmente in tutto il globo il prodotto della condensazione; sulla superficie del globo doveva cadere necessariamente una quantità maggiore di pioggie e di neve. Più gonfi dovevano essere i torrenti, più potenti i ghiacciai, senza bisogno che la temperatura esterna del globo si abbassasse di un grado sotto la temperatura attuale. Quando un generale sollevamento dell'Europa, dell'Africa settentrionale e dell'Asia orientale, ridusse enormemente quel mare interno, cambiandolo sopra immensa estensione in ardente braciere, una gran massa di vapori venne meno all'atmosfera. Le pioggie dovettero su tutto il globo diminuirsi, ritirarsi i ghiacciai. Ecco una teoria semplicemente abbozzata, a cui intendo di dare sviluppo negli ulteriori miei scritti, non me'l permettendo di farlo ora le angustie di questo trattato.[2]

1471. Quando parliamo di sollevamento che verificossi dopo che gli antichi ghiacciai ebbero raggiunto il punto del loro massimo avanzamento, quando parliamo della ritirata di quegli antichi ghiacciai, noi siamo già entrati nel secondo periodo dell'êra neozoica. A questo secondo periodo toccava un gran cómpito da eseguire. Allorchè infatti si pensa che sulle grandi regioni alluvionali si svilupparono, e solo potevano svilupparsi, i grandi consorzî umani, le grandi civiltà antiche e moderne, si direbbe che, nell'ordine provvidenziale, l'epoca glaciale era destinata a radunare gli immensi materiali di quelle formazioni, e l'epoca dei terrazzi a disporli, ampliando la superficie coltivabile, preparando quasi giardino la terra a quella creatura novissima che era destinata a vivere col sudore della sua fronte. Senza l'epoca glaciale la terra sarebbe rimasta poco di meglio di

---

[1] Vedi la teoria della circolazione atmosferica esposta nel Volume Primo, cap. II e III, da cui risulta come affatto erronea l'idea che i venti sciroccali, caldi e piovosi, che squagliano ordinariamente le nevi delle Alpi, derivino dall'Africa, mentre invece ci vengono dall'America tropicale.

[2] La teorica che qui appena si accenna fu bastantemente sviluppata nelle *Note ad un Corso di Geologia* (vol. I, § XXI); alcune idee però che vi espressi andrebbero assai meglio spiegate, e in parte modificate. Ma la questione del clima glaciale e quella dei climi geologici in generale non possono trattarsi con sufficiente sviluppo che in un'opera speciale, non possedendo fin'ora la scienza nè assiomi, nè proposizioni abbastanza dimostrate, che permettano di trattare questa ed altre questioni con quella brevità che si conviene ad un trattato elementare.

un' immensa, ignuda scogliera; ma il lavoro dell'epoca glaciale sarebbe in gran parte perduto senza l'epoca de' terrazzi.

1472. Il lavoro del terrazzamento che le immense pianure alluvio-glaciali riduceva quasi in un sistema di pensili giardini, ed allargava immensamente la regione dei delta, continuò lunga serie di secoli: anzi continua ancora. Ma era tempo ormai che l'infaticato lavoro di tante età, per cui ogni secolo è un giorno, avesse una ragione. Noi abbiamo assistito ad un lavoro immenso, immensamente diuturno, infinitamente vario e molteplice, e non intendiamo ancora il perchè di tante meraviglie sopra una terra, non abitata finora che da bruti, incapaci di levare lo sguardo un sol palmo sopra il suolo di cui si pascono, inconsci, improvvidi di tutto. La natura stessa, dopo tanto lavoro, dopo tanti squisiti finimenti, sembra sospesa, cercando al suo Autore il perchè... Perchè da tanto tempo tante migliaja di generazioni di organismi secretori lavorano ad ammanire quelle enormi masse di calcare? Perchè i mari, conversi a volte a volte in saline, introdussero nei magazzini terrestri sì grandi ammassi di sal gemma? Perchè tante centinaja di vergini foreste, sommerse e sepolte nelle diverse epoche del globo, si convertirono in ammassi di antracite, di carbon fossile, di lignite? Perchè nelle viscere della terra serpeggiano da tanti secoli tanti ruscelli di ferro, di piombo, di stagno, di rame, d'argento, d'oro e d'ogni metallo utile e prezioso? Perchè sorsero i monti, o chiusero il mare entro i suoi nuovi confini? Perchè cosperse di nevi le montagne e i poli? Perchè si staccarono dalle cime più elevate i ghiacciai, discendendo lungo le pendici, dilatandosi nelle pianure, invadendo i confini del mare? Perchè i fiumi novelli, rodendo con lento lavoro il detrito accumulato dai fiumi antichi o dagli antichi ghiacciai, coprirono di fertili terrazzi i fianchi dei monti, distesero alle loro basi i vasti altipiani, e tra essi e il mare le sconfinate pianure? Unica risposta a tante domande è la comparsa di quell' essere capace d'intendere e di amare, che viene novissimo, dopo sì lunga età, a prendere possesso di tutte le ricchezze che la natura ha accumulato sulla terra coll'impiego di tutti i suoi formidabili elementi, ordinati a sì diuturno e molteplice lavoro, in cui la potenza, la sapienza o la bontà del Creatore brillano del pari d'infinito splendore.

1473. Ove apparve, ove stampò le prime sue orme, ove stese la prima volta il suo scettro questo re del creato? La geologia non sa ancora rispondere. Sicura delle sue migliori conquiste quasi unicamente nella civile Europa, qui unicamente può additare le sedi dell'uomo primitivo. Le tradizioni storiche e religiose collocano, è vero, nel centro dell'Asia la culla del genere umano; ma la geologia positiva non può valutare tali tradizioni, se non in quanto trovino dei rapporti coll'uomo primitivo d'Europa.

1474. I primi indizi dell'uomo in Europa sono quelli di una razza che venne ad abitarla, quando i ghiacciai si erano già ritirati dalle basse regioni che avevano invaso. Essi dovevano trovarsi certamente, se non chiusi entro i loro attuali confini, almeno già prossimi a raggiungerli nella loro ritirata; anzi da lungo tempo era già cominciato il lavoro del terrazzamento delle antiche morene e delle antiche alluvioni fluvio-glaciali. L'uomo selvaggio della Dordogna e del Perigord, disputando il covo alle belve, armato di frecce di selce e di osso, materie prime che gli erano fornite abbondantemente dai torrenti, dalle rupi o dal suolo sparso di scheletri degli animali spenti precedentemente, si occupava specialmente di cacciare il renna, quell'animale che offriva allora una selvaggina facile ed abbondante alla base de'Pirenei, mentre ora, addomesticato, forma la ricchezza del Lappone, errante fra i ghiacci circumpolari, e sfida, coperto di pelli, la crudezza del più rigido clima. Quella medesima razza si stendeva sui piani alluvionali che fiancheggiano la marina in Francia e in Inghilterra, e si spingeva fino alle regioni centrali o meridionali d'Italia. Quell'uomo primitivo non sa fabbricarsi una abitazione, non conosce nè agricoltura, nè pastorizia, nè commercio. Tutta la sua scienza si riduce, può dirsi, a non morir di fame. Eppure è l'uomo! Quanta eccellenza in quella creatura novella! Sì; noi non sappiam nulla della sua storia, poco de'suoi usi o costumi, meno ancora delle sue credenze; ma possiamo cavare dal complesso di quanto ci è noto una misura sufficientemente esatta della sua civiltà. Chiameremo civiltà lo stato della più rozza barbarie? Parleremo di eccellenza, mentre ci stà d'innanzi un uomo, che per poco non si confonde colle fiere più selvagge? Eppure, il ripeto, l'uomo archeolitico è pur sempre l'uomo. Un abisso che non puossi colmare vaneggia fra lui e la più perfetta delle bestie. Egli ha già steso l'impero sugli animali tutti. Nè la potenza della mole, nè la forza dei muscoli, nè la ferocia degli istinti, nè la formidabile preponderanza delle armi naturali di offesa o di difesa, nè la velocità al corso, nessuna insomma di quelle proprietà, per cui le bestie avanzano l'uomo, le sottrae al suo impero. I monumenti dell'uomo archeolitico non sono che i trofei delle sue vittorie sugli animali fisicamente più potenti di lui, che prima di lui dominavano la terra col potere della strage. La possa della sua intelligenza si manifesta più grande in ragione della meschinità de' suoi mezzi. Quanto studio di previdenza, quanti giuochi d'astuzia, quanta fermezza di volontà, quanto eroismo di coraggio per sostenere la lotta degli elementi e la guerra colle belve sanguinarie e feroci! Come potè egli reggersi in vita e moltiplicarsi, e padroneggiare la terra così sprovvisto di mezzi naturali per combattere gli elementi e le fiere che congiuravano alla sua distruzione?

1175. L' esistenza dell' uomo primitivo, ad onta di tanta preponderanza di elementi fisici che doveva renderla impossibile, è già la prova più certa che una novella natura veniva a imporsi alla natura; era la natura volitiva e intelligente che per la prima volta si imponeva alla natura materiale e sensitiva. Ma v'ha di più. Le vaste stazioni alle falde de' Pirenei, e i cumuli immensi delle sue reliquie nelle diverse regioni d' Europa, specialmente in Italia, mostrano ch' egli già viveva in numerose società. La società degli esseri intelligenti non può sussistere senza principî di giustizia, senza riconoscimento di diritti e di doveri, senza convenzioni, senza leggi. La caverna di Aurignac, ove troviamo ancora, sfuggiti al vandalismo delle generazioni che vennero poi, i corpi di 17 archeolitici, religiosamente difesi e composti nel silenzio di morte, e gli avanzi dei funebri conviti, celebrati su quelle lugubri soglie, ci dicono che in quegli uomini primitivi, come in noi (non oso dire: più che in noi) dopo tanto progresso di filosofia e ricchezza di rivelazioni, era vivo il sentimento dell'immortalità. Che più? Quell'uomo primitivo era poeta ed artista. Poeta è colui, il quale, benchè non scriva versi, trae diletto dalla contemplazione della natura; artista chi gode di imitarla, di riprodurla. Curvo la bella testa, che avrebbe potuto servir di modello ad un Giove olimpico o ad un Apollo di Belvedere, intento a liberare da un rozzo moncone un renna che si slancia velocissimo al corso, sembra sorridere di compassione ai tardi nepoti che, nel secolo XIX, avrebbero cercato di ravvisar nelle scimmie lo stampo de' loro antenati. La potenza dell'arte imitativa in quella razza selvaggia è tale, che la rende, non solo sicura, ma vittoriosa al confronto con razze assai più recenti, con razze emule del resto delle razze più civili, come erano quelle dell' epoca del bronzo.[1] Come mai l'uomo, a petto del quale può dirsi greco e romano il pelle-rosso dell'America e il cannibale dell'Oceania, avesse tal gusto dell'arte e riuscisse così bene a soddisfarlo, è un problema, se volete, ma è un fatto.

E questo fia suggel ch'ogni uomo sganni.

Agli adoratori dell' uomo-scimmia è troppo ingenuo il dire che hanno troppi problemi da sciogliere. Domandiamo loro piuttosto se non hanno vergogne da coprire.

1176. Tra l'uomo archeolitico e il neolitico che gli tien dietro vi ha, si direbbe, un *hiatus*. Esso è stabilito da una più che sensibile differenza di

[1] È noto come tra i monumenti neolitici ed anche tra quelli dell' epoca del bronzo non si rinvenne finora verun saggio di arte imitativa. Benchè dinoti un senso talora squisito dell'arte, l'ornato dei bronzi primitivi non presenta figure nè d'uomini, nè d'animali; nemmeno una foglia.

costumi, di sviluppo industriale, di civiltà. La paleontologia congiura anch'essa a far credere che questo *hiatus* sia assolutamente reale; che si verifichi cioè un grande intervallo di tempo, quasi la razza neolitica sia apparsa in Europa quando gli archeolitici erano già spenti. Ma probabilmente non trattasi che di pure apparenze. Che avverrebbe quando sopra un'isola selvaggia, sopra una terra di nuovo scoperta, abitata da cannibali, sbarcasse una colonia di europei? Accanto alle capanne di giunchi sorgerebbero i palagi; le frecce di pietra, e le azze di serpentino verrebbero immediatamente sostituite dai fucili e dalle scuri; a fianco della barbarie più profonda verrebbe a insediarsi la più elevata civiltà. Il fatto si è verificato le mille volte in questi ultimi secoli. Gli Spagnoli s'incontrarono coi pelle-rossi dell'America meridionale; la razza anglo-sassone, in tutta l'esuberanza de' suoi mezzi fisici, intellettuali e morali, trasportò di lancio l'Europa in grembo alle barbare regioni del nord d'America. A quali conclusioni sarebbe per avventura condotto chi, ignaro degli avvenimenti, si provasse a stabilire un rapporto cronologico tra le reliquie degli Incas e i monumenti dei popoli che in questi ultimi secoli hanno migrato in quelle contrade? Forse arrischierebbe di ammettere un intervallo di migliaja di anni tra due razze che si trovarono faccia a faccia sui luoghi stessi, dove l'una dovette soccombere alla rabbia conquistatrice dell'altra. La storia ci impedisce di cadere in tale errore, e in questo caso la storia è maestra della geologia. Invero le popolazioni neolitiche, che si vedono d'un tratto sorgere in Europa sulle rovine delle archeolitiche, accusano un progresso così grande, così repentino, che non può spiegarsi altrimenti che coll'ammettere una immigrazione, una invasione di una razza nuova, impostasi alla vecchia, che trovavasi ancora nella prima infanzia.

Notiamo anzi tutto, come segno di grande e molteplice progresso, e come fatto paleontologico di somma importanza, che si concilia assai naturalmente colla immigrazione di una nuova razza da estranei paesi, l'introduzione degli animali domestici in Europa. Gli edificatori dei Kjökkenmöddings, nè agricoli nè mandriani, avevano seco però il cane domestico. Quelli delle palafitte poi, in Svizzera, in Italia e in tutta la centrale Europa possedevano domestici il cane, il bue, il montone, la capra. Gli abitatori delle palafitte si erano spinti inoltre molto avanti sulle vie della civiltà; ergevano case, coltivavano campi di orzo e di frumento, allevavano frutteti, educavano greggi e mandre, foggiavano stoviglie, cuocendole alla fiamma, conoscevano il panificio, la tessitura, la fabbricazione delle reti. Le loro armi e i loro attrezzi sono ancora di selce e di osso; ma quale finezza, quale lavorío squisito in quelle lame di selce di cui si armava il Danese, e in quelle freccie pure di selce lavorate dagli

artisti lombardi, che abitavano sui laghi al piede delle Alpi! In una terra tutta coperta di fitte boscaglie, ove a torme erravano i lupi, i cignali, gli orsi, quelle popolazioni primitive cercavano rifugio sui laghi, per passarvi sicure le notti, sudando il giorno a fugare le belve, a diradar le foreste, a rivoltare le zolle per seminarvi i grani, ad allevare il bestiame.

1477. Tra i popoli neolitici, e quelli che vennero in seguito, in luogo di un *hiatus*, troviamo i rapporti più sicuri, i passaggi più immediati. Partendo dalla più rozza palafitta dell'epoca della pietra una serie di monumenti ci guida in sulle soglie della storia. Il bronzo, che dapprima si immischia quasi di soppiatto alle armi di pietra, finisce col soppiantarle interamente. In Italia principalmente, il passaggio dall'epoca della pietra all'epoca del bronzo è rapido, sicuro, deciso. È qui che noi, pigliando le mosse dalle armi di selce e di serpentino, ci troviamo bentosto arrivati ai vasi e ai bronzi etruschi, e subito poi palleggiamo fra le mani le prime monete, dove si ravvisano le impronte della Roma repubblicana.

1478. Che è dunque avvenuto dopo l'epoca archeolitica? Coordinando i dati geologici, archeologici, storici, abbiamo potuto abbozzare la storia di quei tempi antichissimi.

Conformemente alle tradizioni religiose, non mai convinte di falsità, anzi corroborate da tutti i risultati delle scienze umane, l'Asia centrale è la culla dell'uman genere, è il centro d'irradiazione di tutti i popoli antichi a tutte le regioni del globo. Quando verrà l'epoca in cui la geologia possa additare le vie tenute dai pelle-rossi, dai negri, dagli irti abitatori dell'Oceania? Allora si potrà anche rimontare alle origini dell'uomo archeolitico d'Europa. Esso però appartiene assai probabilmente ad una emigrazione che precede di poco i tempi storici o semistorici dell'Asia occidentale. Benchè nulla cé ne dicano nè le tradizioni religiose, nè i diversi rami dell'archeologia, la razza archeolitica deriva quasi indubbiamente dalla gran razza primitiva ariana, che abitava in origine le regioni bagnate dall'Oxus. I cranî, emuli dei più belli di cui si vantino attualmente le più belle popolazioni d'Europa, lo affermano. Ma quella prima immigrazione in Europa precede tutte le tradizioni. L'etnologia, l'archeologia, la linguistica non hanno un motto in questa questione; parla solo l'anatomia. Venendo però a tempi più recenti, la scienza etnologica addita di fatto in quella razza ariana, abitatrice della Bactriana e della Sogdiana, la sorgente dei diversi popoli che si staccarono dal centro nativo per irradiarsi successivamente verso occidente.

Dapprima, per via di terra, i Celti, i Germani, i Lituani-Slavi, allagano l'Europa in tutte le direzioni, dalle rive occidentali del Mar Nero alle settentrionali del Baltico e del Mare del Nord. Contemporaneamente

gli Ario-Pelasgi si spingono, sempre per via di terra, dalla Grecia in Italia. Qui essi arrivano successivamente in orde staccate; prima gli Aborigeni, poi gli Umbri, poi i Latini. Quei popoli, derivanti dallo stesso stipite, dovevano avere gli stessi costumi, gli stessi mezzi, la stessa civiltà. In essi noi riconosciamo i popoli neolitici dell'Europa, gli edificatori dei Kjökkenmöddings, i costruttori delle palafitte. Ma la civiltà progredisce rapidamente nel centro ove prospera la gran famiglia ariana. Essa perfeziona le industrie, conquista i metalli, e si sente capace di tentare l'infido elemento che la separa dalle terre lontane. Sempre incalzate dallo spirito, forse dal bisogno, della emigrazione, le nuove orde seguono la via più breve, più pervia. Ecco, navigando il Mar Jonio e il Tirreno, approdare sulle coste d'Italia i Greco-Pelasgi, gli edificatori delle mura ciclopiche, i miracolosi maestri nell'arte di foggiare i metalli. Ai Greco-Pelasgi, sempre per la via di mare, tengono dietro gli Etruschi, che si impongono ai popoli italici, valicano gli Apennini, si spingono al piede delle Alpi. Così l'industria del bronzo, alimentata singolarmente dal commercio coi Fenici padroni del Mediterraneo, si spinge dal sud al nord d'Italia, dal Tirreno alle Alpi, e valicate queste, si diffonde in Europa. L'epoca etrusca, che segnerebbe per l'Europa il punto culminante dell'età del bronzo, è un'epoca almeno semistorica, e si collega immediatamente colla prima epoca decisamente storica per l'Europa, cioè coll'epoca Romana.

1479. Un legame d'immediata dipendenza congiunge, per quanto abbiam detto, le successive civiltà preistoriche d'Europa alle civiltà storiche o semistoriche dell'Asia, nè ci permette di oltrepassare indietreggiando coll'epoca neolitica il lungo periodo dell'antichissima civiltà egizia; e questa ci lascia ancora libero lo spazio di una ventina di secoli, se si vuole, per collocarvi l'epoca archeolitica nella sua origine e nel suo sviluppo, senza bisogno veruno di oltrepassare i limiti della cronologia commune per rimontare alle origini dell'uomo.

1480. L'uomo ad ogni modo è sempre la novissima delle creature. Abbiamo veduto come si tentò di valutare geologicamente l'antichità dell'uomo primitivo almeno in Europa. Le misure impiegate sono troppo incerte, troppo inattendibili nei limiti della scienza attuale. Accordando però anche il massimo ai calcoli finora stabiliti, dovrem sempre conchiudere che l'uomo è, sempre e poi sempre finora, la creatura novissima, sia in linea stratigrafica, sia in linea paleontologica. Stratigraficamente le umane reliquie si rinvengono in quelle formazioni che meritano nel modo più eminente l'epiteto di superficiali (fondi di laghi, alluvioni recenti, delta, ecc.). Paleontologicamente l'uomo ancor vivente si accompagna ad

una flora e ad una fauna ancora vivente. Lo spegnimento del *Sus palustris* e del *Bos primigenius*, che tuttavia empiè di muggiti gli anfiteatri romani; la migrazione di alcune specie, il cambiamento delle essenze in Danimarca, la diminuita salsedine del Baltico, le oscillazioni dei continenti da noi già accennate, bastano appena a distinguere l'oggi dal giorno più remoto della antichità preistorica.

1481. Mentre la superficie del globo si preparava a divenire opportuna abitazione dell'uomo; mentre il regno umano si dilatava sulla terra, che avveniva di quei regni di cui unicamente si occupava il geologo narrando la storia delle epoche antiche? Le faune e le flore che circondano l'uomo nelle diverse regioni del globo, quando furono create? La risposta è difficile. È certo intanto che esistono le reliquie di una fauna postpliocenica che precedette l'uomo, e che in genere (parliamo principalmente dei mammiferi terrestri) è diversa dalla fauna vivente. È la fauna glaciale... diremo piuttosto sono le faune glaciali, poichè nell'epoca glaciale si verifica già perfettamente quella legge di accantonamento che rimase quasi ignota alle epoche antiche. La fauna glaciale d'Europa noi la conosciamo. Essa è principalmente rappresentata dall'orso, dalla jena, dal tigre delle caverne, poi da elefanti, da rinoceronti, da ippopotami, da cervi e da buoi di specie ora estinte. La fauna glaciale d'Europa forma quasi una eccezione in confronto delle faune riferibili alla stessa epoca nelle altre regioni del globo. È vero che i cani, gli orsi, le faine, i cavalli, i porci, i buoi e i cervi che abitavano le caverne o le pianure di Europa, presentano dei tipi affatto simili (si parla di generi non di specie) a quelli di cui si compone in Europa la fauna vivente; ma ci abbiamo anche in numero forse prevalente dei tipi tropicali, e sono appunto gli elefanti, i rinoceronti, gli ippopotami, a cui si debbono aggiungere i tigri, le jene, i tapiri, i macachi. Nelle altre regioni invece troviamo che le faune riferibili all'epoca glaciale hanno quasi perfetto il tipo delle faune viventi nelle stesse regioni. Nelle caverne e nelle brecce ossifere scoperte, per es., in Australia, noi non troviamo nè orsi, nè lupi, nè elefanti, ma marsupiali (*Hypsiprymus*, *Phalangista*, *Phareolomys*, *Dasyurus*), e specialmente *kanguroo* (*Macropus*), tra i quali il *Macropus atlas* Owen, specie assai più grossa del maggior *kanguroo* (*Macropus major*) vivente. Se per analogia, in difetto di studi geologici abbastanza esatti, si riferiscono quei fossili all'èra neozoica, essi rispondono perfettamente al tipo della fauna, che popola in oggi l'Australia.

Le caverne e i depositi ossiferi dell'America del sud, che si trovano con depositi conchiferi ricchi di specie viventi ancora nell'Atlantico, in quegli stessi rapporti che i depositi ossiferi dell'Europa coi depositi a

conchiglie viventi nel Mediterraneo, presentano il complesso d'una fauna tutta americana. I *Megatherium*, i *Megalonix*, i *Glyptodon*, i *Mylodon*, i *Toxodon*, i *Macrauchenia* ed altri sono analoghi all'*Armadillo*, al *Cavy*, al *Capybara*, al *Lama*. Le caverne del Brasile contengono scimmie appartenenti alle *Platirrhinæ*, famiglia oggi particolare all'America. I generi Mastodonte e Cavallo, sarebbero i soli comuni all'antico e al nuovo continente, oltre al Mammonth, il quale, quasi per rendere più molteplici e più intralciate le questioni, si trova nell'America del nord a partire dal 33° 50' di latitudine fino alle regioni polari, d'onde passa in Siberia e giunge fino al mezzodì d'Europa. Nella Nuova-Zelanda nessun mammifero trovossi, nè vivente, nè fossile nei terreni recenti. La sola famiglia degli *Apterix*, uccelli senz'ali, vi abbondava vivente, o nei depositi superficiali che potevano riferirsi al postpliocene si scoprono prodigiosamente numerosi gli avanzi di uccelli giganteschi (*Dinornis* o *Palapteryx*) della famiglia degli struzzi, che raggiungevano fin 3m 50 di altezza.

1482. È troppo immaturo il tempo di cavare da questi fatti qualche conclusione. Riducendoci ancora unicamente ai luoghi più noti per noi, troviamo meritevole di attenzione il fatto della esistenza, nei primordi dell'êra neozoica, di due faune distinte nell'antico continente, l'una polare artica, l'altra dell'Europa centrale o meridionale, le quali vengono poi, verso la fine dell' êra neozoica a confondersi in Europa. I grandi ossari di Siberia, appartenenti alle alluvioni superficiali, quindi indubbiamente all'êra neozoica, sono, per dir così, ammassi di scheletri di mammouth e di rinoceronti lanuti (*R. tichorhinus*). Gli ossari d'Europa, riferibili all'epoca stessa, quelli p. es. di Gandino, della Val d'Arno, ecc., sono formati dagli ossami d'*Elephas Meridionalis*, *Rhinoceros Merckí* (*leptorhinus*), ecc.; ma in terreni più recenti i due elefanti e i due rinoceronti si trovano riuniti. Ad un certo livello poi prevalgono o piuttosto dominano unicamente le specie polari. Se l'uomo non vide viventi queste specie polari, ne raccolse gli scheletri disseminati alla superficie del suolo; anzi l' uomo primitivo d' Europa divenne cacciatore di renne, specie polare per eccellenza. Come si spiega tutto questo?

1483. Vi è certamente un grande studio da farsi. A me sembra però che la scienza ha già intravveduto assai, quando ammise l' esistenza di una fauna polare, costretta ad abbandonare le sedi native invaso dai ghiacci, e a cercarsi più verso mezzodì una terra possibile. Essa può quindi arrischiarsi a raccontare la storia dei principali rappresentanti della fauna neozoica così:

Nei primordi dell'epoca neozoica regnava il clima pliocenico, un clima cioè più caldo dell' attuale, il che includeva che le regioni polari fos-

sero ancor meglio abitabili che nol siano al presente. Ecco come gli ossami di cento generazioni di lanosi mammonth, di rinoceronti e di renne potessero ammonticchiarsi sui liberi piani ed alle foci dei torrenti, ove appena osa ora inoltrarsi il cacciatore tonguso durante il giorno di più mesi, che splende ogni anno su quelle squallide contrade. Tutto attesta per l'epoca neozoica il gran fatto caratteristico della distribuzione e dell'accantonamento delle faune. Il mammouth, il lanuto rinoceronte, il renna e i loro socî costituivano allora una fauna circumpolare, come i superstiti di quella stessa fauna la costituiscono ancora al presente.

1484. Se esisteva una fauna delle fredde, esister doveva una fauna delle temperate e delle calde regioni. Qual'era la fauna delle regioni meridiodionali d'Europa? Quella che vanta come suoi prototipi l'*Elephas meridionalis*, l'*Elephas antiquus*, e il *Rhinoceros leptorhinus*. Perchè infatti i geologi, pronti ad ammettere come post-terziari il *Mammouth* e il *R. tichorhinus*, ritennero ancora come pliocenici l' *E. meridionalis* e il *R. leptorhinus*, ecc.? Perchè infatti queste specie si trovano in terreni più antichi di quelli ove abbondano quell'altre? Ma il più antico e il più moderno non si può egli distinguere nell'istessa epoca geologica? Intanto s'ebbero dei casi in cui i due elefanti o i due rinoceronti erano associati nello stesso deposito, per cui si hanno depositi, qui nell'Europa meridionale, dove trovansi soltanto l' *E. meridionalis* e il *R. leptorhinus* (sabbie sub-apennine, bacino lignitico di Leffe, ecc.); o depositi ove esse specie sono associate al *R. tichorhinus* (Norfolk), depositi finalmente ove il *Mammouth* e il *R. tichorhinus* sono esclusivi padroni del campo. Tali depositi si succedono anche cronologicamente in guisa che, se i depositi ad *E. meridionalis* sono tanto antichi che si vollero terziarî, nei depositi a *Mammouth* non tarda a trovarsi l'uomo.

1485. È un fatto capitale questo dell'esistenza di un gruppo di animali neozoici, taluni ancora viventi, distribuiti ne' primordi dell'epoca (come ancora attualmente i pochi superstiti) in fauna circumpolare o fredda, e in fauna temperata o calda. Il renna e l'alce abitavano allora le regioni verso i poli come al presente, e avevan compagni rinoceronti e mammouth che si spensero poi contemporaneamente. L'Italia e in genere le regioni del Mediterraneo erano abitate da altri elefanti e rinoceronti, *E. meridionalis*, *R. lepthorinus*. L'*Elephas antiquus* preferiva un clima ancora più caldo e lo trovava nelle regioni più meridionali d'Italia, singolarmente in Sicilia, abitata dagli *Ippopotami* e dalla *Hyæna crocuta* provenienti dall'Africa, allora unita alla Sicilia. Anche in America un elefante, grosso come il Mammouth, l'*E. americanus*, occupava le più calde contrade, il Texas, il Messico, il bacino del Mississipi. Già s'intende che le poche specie nomi-

nate stanno come rappresentanti delle rispettive faune accantonate nelle nordiche piuttosto che nelle meridionali regioni.

Comincia intanto il graduale abbassamento dei continenti dell'emisfero settentrionale, compresa l'Africa, per quella immensa estensione su cui oggi si dilata il Sahara. Per diminuzione di temperatura, meglio per aumento d'umidità, le nevi si accumulano, e dai limiti abbassati delle nevi perpetue si dipartono, con mossa lenta ma continua, i ghiacciai. La fauna settentrionale è spinta mano mano dal gelo verso paesi meno desolati. Avvenne probabilmente in quell'epoca che i cadaveri dei rinoceronti e dei Mammouth, conservati intatti per un tempo minore o maggiore dal gelo, vennero finalmente ravvolti nella ghiaccia, che guadagnava terreno continuamente. Fu allora che i mammouth o i rinoceronti invasero a torme il mezzodì d'Europa, che a mandre a mandre invasero le renne le basse regioni dell'Inghilterra e della Francia, e le alci la gran valle del Po. Così poterono trovarsi coi residui della fauna meridionale, coll'*Elephas meridionalis*, coll'*E. antiquus*, col *Rhinoceros leptorhinus*. Così la fauna contemporanea del polo prima si mescolò, poi si sovrappose alla fauna contemporanea delle regioni temperate, che parve più antica; così nelle sabbie marine più antiche, negli estuarî, nei depositi lacustri laterali ai ghiacciai, nelle più antiche alluvioni voi trovate le reliquie di una fauna meridionale; mentre letti marini, o lacustri, o alluvionali più recenti, offrono una miscela delle due faune, e terminano col divenire esclusivamente ricchi di mammouth, di renne, di alci, di cervi dalle corna gigantesche, in fine di reliquie della fauna circumpolare. Ma i continenti, quasi una molla soverchiamente compressa, reagiscono, e ricomincia il sollevamento, e con esso la graduale diminuzione dell'umido e del gelo. Gli animali che lentamente avevano migrato dal polo verso il tropico sentono il richiamo delle polari froscure e lentamente ripatriano. Dovranno però arrestarsi ai confini di loro antiche dimore, finchè non sia forse perfettamente ristabilito il clima pliocenico che renda di nuovo ospitali le remote contrade ove i due continenti quasi si fondono. Ma intanto non l'è. Prosciugato è il Sahara, riemersa la Sicilia, ancor giace sotto il mare quel tratto enorme di superficie irradiante che la Sicilia, Malta e la Spagna rinniva al Sahara. Quando il sollevamento è quasi compiuto, quando i continenti hanno ormai ricevuto l'attuale rilievo, compare l'uomo. Parlo della sua comparsa in Europa. Torme di renne scorrazzano ancora nei piani della Francia fino alle basi de' Pirenei; a loro si associano i buoi muschiati, or rilegati nell'America antica, le marmotte, ecc., e forse, benchè scarso, il lanuto Mammouth che, incapace più d'ogni altro animale a sottrarsi alla furia sterminatrice dell'uomo, cadde sotto i suoi colpi, e si spense allora,

come altre specie più tardi, e come vanno altre molte spegnendosi. Il renna e l'alce, potenti di numero e di mezzi di locomozione, camparono dallo sterminio e raggiunsero di nuovo le native contrade da cui avevano migrato.

1486. Io non credo che la emigrazione delle attuali specie circumpolari dall'Europa sia stata nè unicamente, nè prevalentemente un effetto del raddolcimento del clima. Perchè non vivrebbe attualmente in Italia l'alce, se ci viveva al tempo della seconda guerra punica? La emigrazione delle specie circumpolari è un fatto che verificossi gradatamente collo sviluppo graduale della civiltà europea. Per me l'estinzione delle specie vedute dall'uomo nell'Europa centrale e meridionale, e l'emigrazione di quelle che ora si trovano soltanto nelle regioni circumpolari, costituiscono un solo fenomeno dipendente dalla civiltà. L'uomo o stermina, o doma. Coll'uomo civile, a lungo andare, non possono rimanere che le bestie addomesticate ossia prigioniere. Non parlo naturalmente di quegli animali che, per la loro piccolezza, per la loro straordinaria fecondità, o per altre ragioni, non solo possono sottrarsi alla possa sterminatrice dell'uomo, ma divenire anche un flagello per lui. In questo caso però non è nessuno dei grossi mammiferi che entrano qui in questione. Coll'Europeo incivilito non rimangono ormai che i mammiferi domestici.

1487. Ma non poteva l'Europeo addomesticare il renna, che si trova domestico presso i Lapponi, e il Mammouth (supposto lo trovasse vivo a' suoi tempi) che conta tra i suoi congeneri l'elefante domestico dell'India? Lo poteva certamente pel renna; probabilmente anche pel Mammouth. Ciò tuttavia non crea nessuna difficoltà alla tesi che sosteniamo. Gli archeolitici erano cacciatori; nei selvatici animali non videro che una selvaggina. I neolitici che vennero poi condussero seco degli animali già addomesticati: il cane, il bue, il montone, la capra. Nei selvatici animali non videro che dei nemici infesti alle loro persone ed ai loro campi, ovvero una selvaggina propizia alle loro mense. Del resto noi vediamo l'Indiano educare il suo elefante, mentre il negro dell'Africa lascia libero il suo. Il Lappone educa il renna come bestia da tiro e da latte; noi educhiamo allo stesso scopo il bue e la vacca. Il Samojedo adopera il cane come bestia da tiro; noi adoperiamo il cane per cento usi diversi, e diamo al cavallo l'incarico di tirare il cocchio. Diversi paesi, diversi costumi. Anche le bestie più feroci, anche gli uccelli, fin gl'insetti sono educabili; ma chi se ne cura? Prescindendo adunque da qualunque questione sulle ragioni che mossero gli antichi abitatori dell'Europa ad addomesticare certi animali e a lasciar liberi gli altri, o piuttosto a perseguitarli e a distruggerli; noteremo anzi tutto che gli animali spenti o migrati appartengono a specie non ad-

domesticate. Noteremo in secondo luogo che gli animali spenti, gli elefanti, i rinoceronti, il bue primigenio erano animali grossi, pesanti, lenti, almeno relativamente, tali insomma che poterono difficilmente sottrarsi alla mano sterminatrice dell'uomo: questi si spensero; si salvarono invece, migrando, gli animali più agili, provvisti inoltre di maggiori mezzi di moltiplicazione, come il renna e l'alce. Del resto, quando si dice che l'uomo stermina gli animali selvatici, non si allude soltanto all'arco od al fucile. L'uomo riesce fatale agli animali selvatici, anche senza volerlo, semplicemente col creare delle condizioni nuove, meno opportune alla loro prosperità. Il signor Brandt, per es., dice che lo studio comparativo delle corna dell'alce vivente, con quelle dell'alce fossile, mostra che gli individui a grandi corna erano assai più numerosi che nol siano al presente in quelle regioni stesse ove l'alce gode ancora prospera vita, come nel nord-Asia e nel nord-America.[1] Ciò vuol dire che, se l'uomo letteralmente non stermina gli animali selvatici, ne diminuisce la longevità. Anche questo, per quanto lentamente, deve influire alla perdita delle specie. Quanto alla loro emigrazione, è cosa troppo evidente che basta a determinarla il creare delle condizioni non opportune alla vita o alla prosperità dei selvatici animali. Come volete che l'alce, il renna, potessero prosperare in Europa, ove la scure andava mano mano atterrando le boscaglie, sostituendo i campi vigilati e le città alle paludi, alle ericaje, alle libere pianure? Se, quanto consta di una specie si può ritenere per tutte quelle che si trovarono nelle stesse condizioni, la storia dell'alce, narrata da Brandt, ci mostra fino all'evidenza che la scomparsa o la migrazione dei mammiferi dell'epoca archeolitica dall'Europa fu un puro effetto della progressiva civiltà.

1488. L'alce, come già accennammo, esisteva in Italia all'epoca della seconda guerra punica. Nella Svevia esisteva nel 764; in Germania nel 943; in Fiandra nel secolo X. In Boemia la durò fino al secolo XIV; in Prussia, Ungheria e Lituania fino al secolo XVI; e dalla Prussia occidentale non scomparve che verso il principio del secolo presente. L'ultimo alce in Galizia venne ucciso nel 1760, e in Polonia verso il 1828. Nella Scandinavia l'alce subì una vera guerra di distruzione verso il 1836. Ecco perciò l'alce costretto a occupare le regioni circumpolari; ma la rabbia dell'uomo lo raggiunge anche in quegli inospiti recessi. Già è scomparso da diverse località dell'Asia, scomparso da alcune provincie del Canadà, divenuto raro in altre, non rimanendone che un certo numero nelle provincie più settentrionali. È tanto vero però che l'emigrazione dell'alce non si deve attribuire al cambiamento del clima o ad altra ragione fisica, ma alla guerra

---

[1] J. F. Brandt, *Naturgeschichte d. Elens.* Mém. Acad. Imp. St. Petersb., XVI, 1870.

mossagli dall'uomo, che noi lo troviamo ancora tanto nelle regioni più fredde, come in alcuno delle regioni temperate, per es., nella Prussia orientale, nella Lituania, o in Asia tra il 45° o il 61° di latitudine.[1]

1489. Io credo in fine che nella civiltà progressiva dell'uman genere stia la ragione della migrazioni delle specie viventi. Migrarono quelle che, vivendo benissimo in un clima temperato, sono però capaci di sopportare i climi più rigidi. L'emigrazione o l'estinzione delle specie sono un fenomeno che si continua ancora in questo senso. Emigrano così, e sono in via di spegnersi, i lupi, gli orsi, gli stambecchi, i camosci. Stavano benissimo al piano, in riva ai nostri laghi; ora non abbandonano i recessi delle Alpi, dove si sentono più sicuri. Qualche secolo ancora, o più non si parlerà fra noi di orsi, di lupi, di camosci e di stambecchi. Il geologo deve diffidare di certe deduzioni che soglionsi cavare dall'abitato attuale di certe specie in confronto del loro abitato nelle prime epoche dell'uomo. Se l'uomo archeolitico o neolitico trovossi in Italia collo stambecco, colla marmotta, coll'alce, dovremo supporvi il clima della Lapponia e delle regioni più elevate delle Alpi? Ma allora perchè ci vivevano il cervo, il porco, e gli altri animali che ancora si mantengono fra noi?

1490. Resta ancora, o nasce piuttosto da quanto abbiam detto, un'altra questione. La fauna attuale che circonda l'uomo è la fauna superstite all'êra neozoica, o è una fauna antropozoica, una fauna nuova? Rispondo: una fauna nuova. Essa conta, è vero, de' superstiti della fauna neozoica non solo, ma anche della fauna cenozoica. La fauna marina infatti vanta un certo numero di specie eoceniche, un numero maggiore di mioceniche, un numero considerevolissimo di plioceniche. La fauna marina glaciale della Sicilia o di tutta Europa si può dire la fauna vivente. Della fauna terrestre è altra cosa, principalmente se parliamo di mammiferi. Nessun mammifero terziario trovossi coll'uomo; alcune specie neozoiche invece furon vedute dall'uomo, o vivono ancora con lui. Che importa? Non sono che gli scarsi superstiti di una fauna spenta. Il gran numero delle specie che circondano l'uomo apparve coll'uomo. Dei 2000 mammiferi che vivono attualmente nelle diverse regioni del globo, quanti si trovarono in terreni dell'epoca glaciale? Una mezza dozzina, se ci si arriva, almeno da noi. Si ricordino invece gli strani o i numerosi rappresentanti della fauna glaciale, e specialmente gli elefanti, i rinoceronti, gli immani carnivori delle caverne d'Europa o gli enormi sdentati del sud-America, tutti spenti, forse senza eccezione, prima della comparsa dell'uomo. Appare l'uomo, e le specie viventi

[1] BRANDT, *op. cit.*

appajono con lui. L'êra antropozoica fu, come le altre, l'êra di una grande creazione.

1491. Che diremo della flora?... E' si direbbe che la creazione dei tipi organici attuali (dei terrestri almeno) sia stata anticipata in ragione diretta della loro bassezza. Le piante terrestri attuali in massa precedettero gli animali, come gli animali inferiori precedettero i superiori. La flora attuale non differisce in genere dalla flora neozoica. Si fecero in questi ultimi tempi dei bellissimi studi sulla flora attuale nei rapporti geologici. Un fatto rilevantissimo è questo, che la flora attuale delle Alpi è sorella della flora delle regioni artiche. L'epoca glaciale fece migrare da nord a sud le piante, come gli animali; la ritirata dei ghiacci richiamò quelle come questi verso le regioni circumpolari. Quanti studî da farsi e quante belle deduzioni serbate ai futuri geologi! Noi dobbiamo pur terminare una volta...

1492. Riepilogando, la geologia stratigrafica ci ha guidati, attraverso il bujo di tante età, fino al giorno in cui ebbe principio l'animalizzazione del globo. Ci ha mostrato dapprima come quelle immense masse di strati sovrapposti siano, in genere, altrettanti fondi marini, ove ebbero sede, l'una dopo l'altra, mille e mille generazioni. Per una serie al pari innumerevole di oscillazioni della crosta terrestre, quei fondi marini, a volta a volta elevati nelle regioni aeree, a volta a volta ripiombati negli abissi, vennero alfine ad emergere, e si stabilirono sopra basi ancor mal ferme, le vacillanti moli dei continenti. Gli esterni agenti, demolitori per eccellenza, intesero sempre ad elidere, col loro implacabile antagonismo, l'effetto del sollevamento: l'orografia attuale rappresenta l'equilibrio tra queste forze antagonistiche; è la risultante del sollevamento e della degradazione. Sugli strati emersi e denudati noi abbiamo potuto leggere, quasi su pagine scritte a caratteri indelebili, la storia della terra. Noi vedemmo come col mutarsi degli strati e delle formazioni, si rimutavano le faune e le flore. Alle flore e alle faune, che si andavano spegnendo, succedevano nuove flore, nuove faune, con perpetua vicenda di vita e di morte. Ma la vita pur la vince sulla morte; dalle reliquie di una fauna spenta sembra che la vita risusciti una fauna sempre più completa, sempre più perfetta. Così dall'*Eozoon*, che starebbe, per dir così, a' piedi della creazione animale, si giunge all'uomo, che la corona.

La fauna attuale è la sintesi di tutte le faune passate. Così le rivoluzioni del globo e le evoluzioni della vita si associano in un parallelismo costante. Tutte le rivoluzioni del globo e tutte le evoluzioni della vita sembrano legate, per riguardo alle nostre aree continentali, ad una grande oscillazione, a cui altre minori, infinite di numero, sono coordinate. Dapprima le nostre aree continentali furono, per un'epoca sterminata, in

preda ad una forza, che tendeva a deprimerle continuamente; in seguito, per un' altra epoca immensa, ad una forza che tendeva a sollevarle. L' ultima fase di progressivo abbassamento sembra rappresentata dal periodo carbonifero. Col trias incomincia quell'êra di sollevamento, per cui emersero grado grado i nostri continenti. Tra il principio e la fine del periodo miocenico, la forza che tendeva a produrre un rilievo su quelle parti della superficie del globo, che sono al presente occupate dai continenti, attinse il suo *maximum* di azione e di rapidità. Si può dire, quasi letteralmente, che i nostri continenti sono una creazione miocenica. Il periodo pliocenico, il periodo glaciale e il periodo dei terrazzi rappresentano assai bene una parte di quel sistema di oscillazioni secondarie o parziali, in cui, per dir così, si spezza una grande oscillazione.

La grande oscillazione infatti si compie, e gli attuali continenti mostrano come il sollevamento abbia attinto, in confronto colle epoche scorse, il suo *maximum*. La climatologia del globo è legata alle rivoluzioni della sua superficie, come la vita lo è alla climatologia. È un fatto che la dinamica terrestre mostra tradotto in tutto il gran sistema dell' economia attuale del globo: la geologia stratigrafica lo suggella, se non altro, coi mille fatti, i quali mostrano la climatologia e la vita mutarsi col mutarsi dei mari e dei continenti. La grande êra primitiva delle depressioni è contraddistinta da un clima torrido e uniforme, anche nelle regioni attualmente più fredde: questo clima universale e uniforme si traduce nella universalità della vita e nella uniformità delle flore e delle faune. La seconda grande êra del sollevamento sembra segnata da un raffreddamento proporzionale, che si rende palese, evidentissimo, negli ultimi periodi, segnati dallo accelerarsi del sollevamento stesso. Il clima perde la sua uniformità: la temperatura decresce dall' equatore ai poli: le flore e le faune si vanno in pari tempo sempre più accantonando. Se la fine della grand' êra delle depressioni è segnata dal *maximum* di quel torrido clima che copriva di tropicali foreste le attuali regioni de' ghiacci, il *minimum* del freddo clima risponde a quel recentissimo periodo che incrostava di ghiaccio le più floride regioni della zona temperata. Quel clima dura ancora, probabilmente non meno freddo, ma soltanto meno umido, in conseguenza del recente prosciugamento della più calda regione del globo.

Non illudiamoci però, ripeto, circa il valore delle nostre conquiste scientifiche. Tutta questa storia, di cui ci crediamo in possesso, non riguarda che le attuali aree continentali, un quarto circa della superficie del globo, anzi solo alcuni spicchi di questo quarto. Noi abbiamo letto la storia del globo sopra alcuni brandelli delle nostre terre. E ancora la geologia stratigrafica ci lascia digiuni di molte nozioni, già acquisite dalla scienza,

e ci pone dinanzi una folla di problemi non sciolti. La serie degli strati, sopra i quali abbiamo letta la storia del globo, quasi non fosse interrotta, è invece interrotta le mille volte, in mille guise sconcertata, sconvolta . . . e perchè? Si risponde: per effetto delle continue oscillazioni. Ma perchè tali oscillazioni? La climatologia e l'animalizzazione seguono le rivoluzioni della superficie terrestre; ma qual legame unisce così diversi elementi? Abbiamo studiato le grandi masse sedimentari: ma che sappiamo di quelle altre masse enormi, in cui si cancella ogni traccia di sedimentazione? Abbiamo veduto come, colla profondità della serie stratigrafica, si manifestava e cresceva quella specie di ibridismo, per cui gli strati partecipano ad un tempo dei caratteri sedimentari e dei caratteri cristallini: ma abbiamo nemmen tentato di renderci ragione di questo metamorfismo? E tante masse che hanno in tutto e per tutto i caratteri delle roccie eruttate dai nostri vulcani? e i vulcani spenti da epoca immemorabile? e i minerali che serpeggiano in filoni entro le viscere della terra? . . .

Sono tutti fenomeni che si legano ad una forza, o ad un complesso di forze, agenti, non più all'esterno, ma nell' interno del globo. Resta adunque a narrarsi una seconda parte della storia della terra, che si deduce da una serie di fatti di un ordine ben diverso da quello, che comprende i fatti sui quali si basa la *geologia stratigrafica*. È materia riservata alla *Parte terza* di quest' opera.

FINE DEL VOLUME SECONDO.

INDICE DELLE MATERIE.

Capitolo XIII. — *Siluriano. Epoca seconda dell'êra paleozoica.* Pagina 198

Capitolo XIV. — *Devoniano. Epoca terza dell'êra paleozoica.* Pagina 230

Capitolo XV. — *Carbonifero. Epoca quarta dell'êra paleozoica* Pagina 246

Capitolo XXV. — *Pliocene. Epoca terza dell'èra cenozoica.* Pagina 538

Capitolo XXVI. — *Quadro riassuntivo dell'èra cenozoica.* Pagina 564

Capitolo XXVII. — *Epoca glaciale. Periodo primo dell'èra neozoica nelle Alpi* . . . . Pagina 595

CAPITOLO XXVIII. — *Universalità del fenomeno che caratterizza il periodo glaciale nelle regioni alpine*. . . . . Pagina 633

CAPITOLO XXIX. — *Livello stratigrafico ed equivalenti del terreno glaciale* . . . . Pagina 647

INDICE DELLE FIGURE.